



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOLDE PARA EL ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN EN EL ATRAPAMIENTO DE AIRE EN PROCESOS DE FUNDICIÓN POR INYECCIÓN A ALTA PRESIÓN

Titulación: Ingeniería Industrial
Intensificación:
Alumno/a: Miguel Gutiérrez Cabanes
Director/a/s: Rosendo Zamora Pedreño

Cartagena, 17 de Julio de 2013

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría mostrar mi más sincero agradecimiento a mi director de proyecto, el profesor D. Rosendo Zamora Pedreño, cuyos consejos han servido para guiarme a lo largo de toda la realización de este proyecto. La ayuda prestada por su parte, ha sido indispensable para poder continuar con mi labor al encontrarme con los distintos inconvenientes que han ido surgiendo durante la realización y posterior redacción del proyecto.

A su vez, quiero agradecer a todo el personal docente del Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación, por su aportación teórica por parte de los diversos profesores que me han dado clase durante los distintos cursos de mi carrera y me han enseñado unos extensos conocimientos sobre los procesos de fabricación, hecho que ha ocasionado que me decante por la realización de un proyecto de este tipo. Destacar que la documentación disponible en el Departamento, tanto libros de teoría como tesis doctorales de algunos de los profesores, han sido vitales para la realización del proyecto.

Mostrar mi más sincero agradecimiento a todos los compañeros del taller, especialmente a D. Pedro Belmonte, quien, junto a mi tutor de proyecto, ha compartido conmigo muchas horas de trabajo a pie de máquina para la realización de la parte práctica del proyecto, lo cual ha permitido que podamos finalizarlo en los plazos establecidos.

Agradecer a toda la Universidad Politécnica de Cartagena en general, por los conocimientos y valores que he conseguido tras estos 6 años como alumno, de los cuales me llevo un grandísimo recuerdo. Incluida la amistad con aquellos compañeros de residencia y/o clase que han conseguido que estos años en Cartagena hayan sido inolvidables.

Por último, el mayor grado de agradecimiento va hacia toda mi familia, en especial mis padres, mis hermanas y mi novia, con los que, sin su apoyo y comprensión a lo largo de todos estos años en la UPCT y, en especial, durante la realización del proyecto, habría sido imposible conseguir los resultados obtenidos, tanto en el ámbito académico como personal. A su vez, agradecer la paciencia que han tenido conmigo durante la realización del proyecto y, sobre todo, en estos últimos meses de trabajo por el tiempo que no he podido disfrutar de ellos tanto como hubiera querido.

Índice general

Agradecimientos	I
Índice general	III
1. Introducción a los procesos de fundición de metales. Ensayos para la evaluación de la porosidad.	1
1.1. Fundición en molde desechable	2
1.2. Fundición en molde permanente	6
1.2.1. Fundición al vacío	7
1.2.2. Fundición por inyección a baja presión	8
1.2.3. Fundición por inyección a alta presión (FIAP)	9
1.2.3.1. Etapas de inyección en máquinas con cámara fría horizontal	12
1.3. Formación de porosidad en los procesos FIAP	15
1.3.1. Porosidad en el proceso de inyección	18
1.4. Métodos de evaluación de la porosidad	20
1.4.1. Métodos no destructivos	21
1.4.2. Métodos destructivos	22
1.5. Ensayo de visualización del llenado del molde mediante agua	23
1.6. Equipo experimental para la realización de ensayos	25
1.6.1. Equipo experimental para ensayos en molde de acero	25
1.6.2. Equipo experimental para ensayos en molde de metacrilato	28
1.7. Objetivos del proyecto	29
2. Introducción a los procesos de fundición de metales. Ensayos para la evaluación de la porosidad.	31
2.1. Diseño industrial	32
2.1.1. Evolución histórica del diseño industrial	33
2.1.2. Concepto de diseño industrial	36
2.2. Diseño asistido por ordenador	38
2.2.1. Evolución histórica del diseño asistido por ordenador (CAD)	38
2.2.2. Características del diseño asistido por ordenador (CAD)	40
2.3. CAD mecánico. SolidWorks	42

2.3.1. Introducción a SolidWorks	43
2.3.2. Características de SolidWorks	44
2.3.3. Módulos de SolidWorks	46
2.4. Diseño del molde de acero mediante SolidWorks	49
2.4.1. Tolerancias y sistemas de ajustes	50
2.4.2. Idea general. Configuraciones del molde	52
2.4.3. Componentes del molde de acero	62
2.5. Diseño del molde de metacrilato mediante SolidWorks	72
2.5.1. Molde para piezas de 4 mm de espesor	73
2.5.2. Molde para piezas de 12 mm de espesor	80
3. Fabricación asistida por ordenador (CAM) y obtención de programas CNC mediante CamWorks.	86
3.1. Fabricación asistida por ordenador (CAM)	86
3.1.1. Uso combinado de CAD/CAM	87
3.1.2. Sistemas CAM en el proceso de producción	89
3.1.3. Prestaciones y secuencia del proceso en los sistemas CAM	91
3.2. Uso de CamWorks para la fabricación asistida por ordenador	93
3.3. Proceso de obtención de programas de CN del molde diseñado mediante CamWorks	94
3.3.1. Obtener el modelo de la pieza en SolidWorks	95
3.3.2. Seleccionar el modo de trabajo de CamWorks	96
3.3.3. Definir la máquina, el controlador y la torreta de herramientas	96
3.3.4. Definición de las dimensiones y el material a mecanizar	99
3.3.5. Reconocimiento y extracción de los rasgos mecanizables de la pieza ..	103
3.3.6. Generación del plan de operaciones y ajuste de sus parámetros	110
3.3.7. Generación de los caminos de herramienta	122
3.3.8. Simulación del mecanizado y comprobación de resultados finales	131
3.3.9. Postprocesado. Generación de programas de CN	134
3.4. Rasgos y operaciones de las piezas que componen el molde	138
3.4.1. Parte fija del molde	138
3.4.2. Postizo de la pieza 4 mm recto	148
3.4.3. Vientos laterales	152
3.4.4. Viento superior	158
3.4.5. Postizo de llenado (cilindro)	165
4. Proceso de fabricación por mecanizado en fresadora CNC	170
4.1. Máquina fresadora	171
4.2. Material para mecanizar	173
4.3. Herramientas de mecanizado	174
4.4. Amarres	176
4.5. Hojas de configuración/procesos	179
4.6. Secuencia del proceso de fabricación	184
4.6.1. Envío de datos a la máquina herramienta	184

4.6.2. Localización del cero máquina	185
4.6.3. Utillajes y amarres	185
4.6.4. Decalaje del cero pieza	186
4.6.5. Prueba de mecanizado al aire	187
4.6.6. Mecanizado de las piezas	187
4.6.7. Ensamblaje y ajuste de las piezas fabricadas	188
4.6.8. Pulido de superficies	188
4.6.9. Mecanizado de agujeros (taladros)	189
4.7. Fabricación del molde	189
4.7.1. Parte móvil del molde	190
4.7.2. Vientos laterales y viento superior	194
4.7.3. Parte fija del molde	196
4.7.4. Postizo de la pieza	199
4.7.5. Postizo de llenado (cilindro)	200
4.8. Fotografías finales del molde	201
4.8.1. Fotografías del molde antes del pulido	201
4.8.2. Fotografías del molde pulido (definitivo)	203
4.9. Tiempos de fabricación	205
5. Conclusiones y desarrollos futuros	207
5.1. Consecución de objetivos	208
5.2. Mejoras y desarrollos futuros	209
ANEXO A. Hojas de configuración	212
ANEXO B. Programa en Basic para adaptación del sistema de coordenadas	264
ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados en CamWorks y adaptados al sistema de coordenadas	268
ANEXO D. Planos	298
Bibliografía	318

CAPÍTULO 1

Introducción a los procesos de fundición de metales. Ensayos para la evaluación de la porosidad.

Los procesos de fundición están entre los procesos de fabricación más antiguos que se conocen (se tiene constancia de su uso desde el año 4000 a.C.). Desde la antigüedad hasta épocas recientes, su uso se ha aplicado casi exclusivamente para la fabricación de piezas metálicas, aunque desde hace relativamente poco, su uso se ha extendido a muchos otros materiales de entre los cuales cabe destacar ciertos polímeros. Los procesos de fundición de metales consisten, básicamente, en el vertido del metal líquido en un molde con la geometría de la pieza a fabricar en su superficie interior y su posterior enfriamiento y solidificación en el interior de dicho molde. Estos procesos tienen como mayor virtud el ser capaces de reproducir geometrías o superficies internas en las piezas de gran complejidad. Además, tienen una gran versatilidad, permitiendo fabricar a bajo coste piezas de diversos tamaños y formas que no podrían conseguirse mediante otros procesos de fabricación. Por último, mediante estos procesos pueden emplearse ciertos materiales de difícil tratamiento que serían imposibles de aplicar en los demás procesos de fabricación. Por otro lado, es necesario mencionar los principales inconvenientes de este tipo de procesos de fabricación, los cuales se sitúan, en la mayoría de los casos, en torno al acabado superficial de la pieza obtenida y los posibles defectos en el interior de la misma, a priori difíciles de detectar.

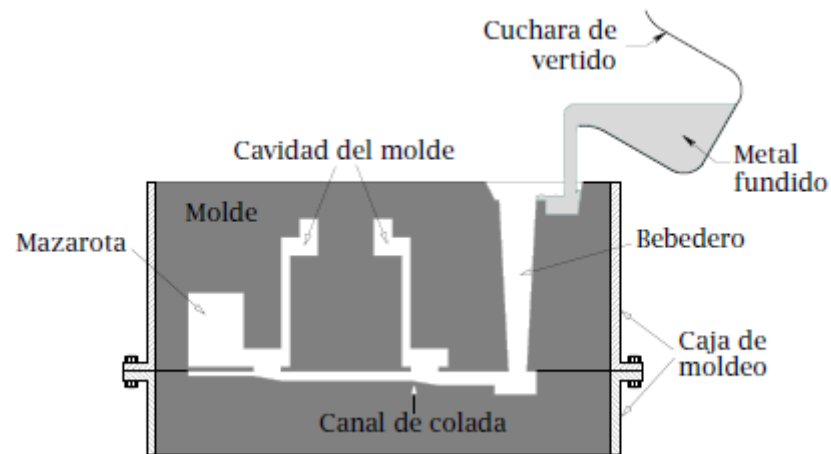


Figura 1.1: Sección de un molde de arena durante el vertido del metal fundido

Las características de cualquier proceso de fundición dependen directamente del material del que está fabricado el molde. Por ello, es muy común clasificar los moldes de fundición en función del material con el que están contruidos. De este modo, se establece una primera clasificación en la que se diferencian dos grandes grupos de moldes de fundición: desechables y permanentes.

Los moldes desechables se caracterizan, como su propio nombre indica, por el hecho de poder ser utilizados una sola vez por cada pieza a fabricar, debido a que deben disgregarse de la misma tras su enfriamiento y así permitir su correcta evacuación. Estos moldes suelen estar formados por arena, yeso, cerámicas u otros materiales similares.

Los moldes permanentes se pueden utilizar repetidamente para obtener un gran número de piezas iguales debido a que están contruidos con materiales que mantienen sus propiedades a altas temperaturas, como pueden ser el acero o el grafito. Además, son mejores conductores térmicos y por ello las velocidades de enfriamiento son mayores que en los moldes desechables, afectando esto a la microestructura o al tamaño de grano y por tanto a las propiedades mecánicas de la pieza fabricada, por una parte, y al ritmo de producción y economía del proceso de fabricación, por otro.

1.1. Fundición en molde desechable

En este tipo de moldes la arena es el material más utilizado para su construcción debido a que es económica y además posee una elevada resistencia a las altas temperaturas, lo que la hace ideal para este tipo de proceso. En general, las arenas más empleadas son las de sílice, aunque también se suelen utilizar otro tipo de arenas, por ejemplo las de circonio, para fabricar piezas de acero.



Figura 1.2: Ejemplo real de molde de arena.

El molde suele estar soportado por una caja dividida en dos partes (superior e inferior) unidas mediante lo que se suele denominar como línea de partición. La construcción de los moldes se realiza con modelos de madera o metal que reproducen la geometría de la pieza a fabricar. En muchos sitios, se realiza una clasificación de los procesos con molde desechable en función de si los modelos son, a su vez, permanentes o desechables. Estos modelos suelen estar divididos en varias partes para facilitar su extracción una vez que la arena está compactada. Los citados modelos deben diseñarse sobredimensionados para compensar la posible contracción que pueda experimentar el metal durante el proceso de solidificación y enfriamiento en el interior del molde y/o para incluir demasía de mecanizado, cuyo valor está normalizado según su material y que permite aplicar posteriores procesos de mecanizado de eliminación de material.

Para facilitar la extracción del modelo sin dañar el molde, sus caras son diseñadas con una cierta inclinación llamada salida o despulla. Esta inclinación depende del ángulo que forma la pared del modelo con la dirección de extracción del mismo. Su valor está normalizado según DIN (1511).

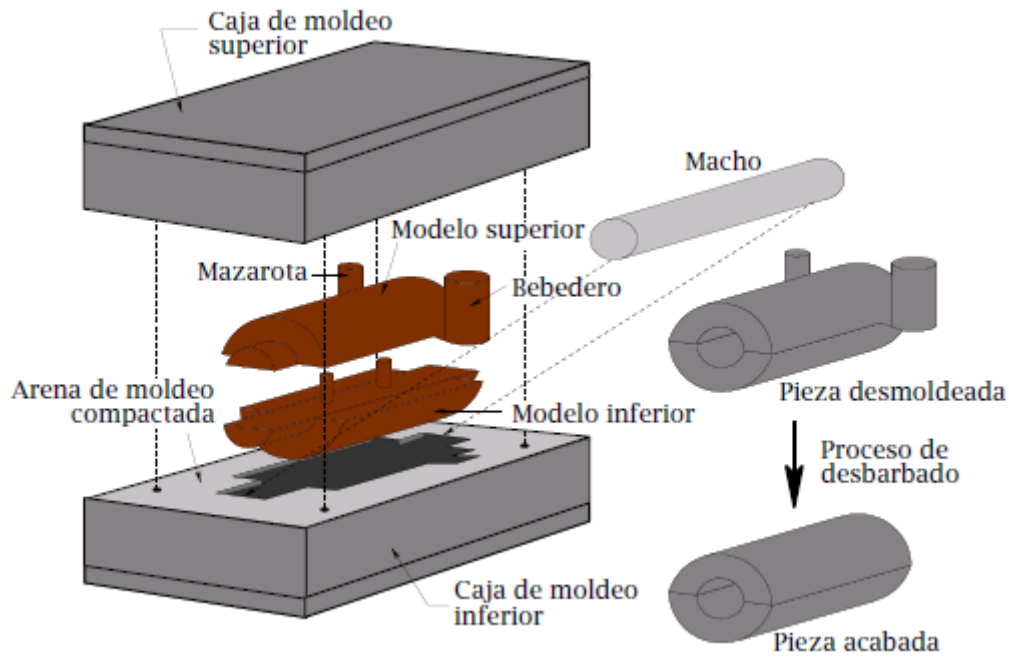


Figura 1.3: Esquema del proceso de fundición en molde de arena.

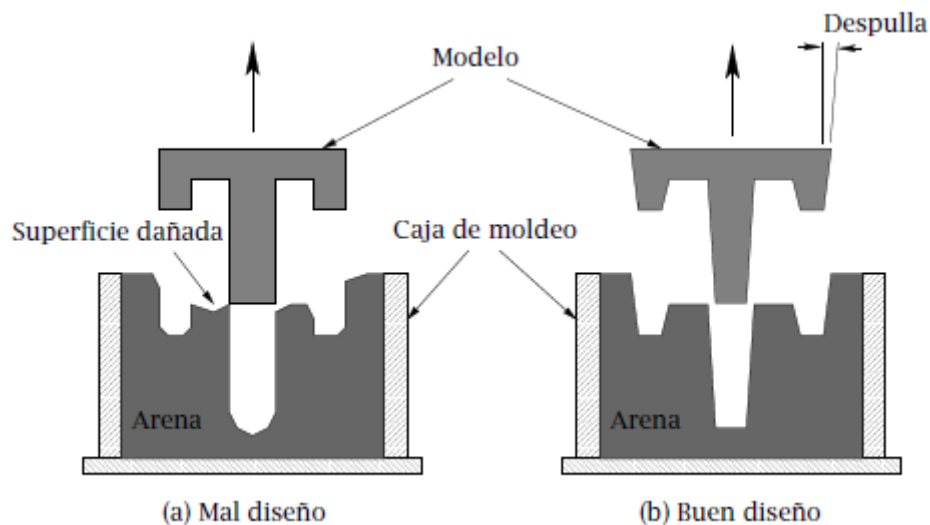


Figura 1.4: Extracción del modelo en un molde de arena.

Los machos son elementos del molde que permiten generar cavidades internas en la pieza a fabricar. Éstos se construyen también de arena, de igual manera que la construcción del molde, mediante cajas de machos. Los machos deben tener mayor permeabilidad, refractariedad y resistencia que el resto del molde ya que estarán totalmente rodeados del metal fundido.

Por último cabe mencionar otros procesos de fundición en arena que emplean técnicas especiales para la construcción de los moldes. Por ejemplo, en el *moldeo en cáscara*, se utilizan resinas sintéticas que cohesionan la arena por acción del calor. En

este caso el modelo debe ser metálico (modelo permanente) y calentado a unos 200 °C. De este modo la resina se calienta y compacta la arena en pocos segundos, formando una capa de unos 5 mm de espesor.

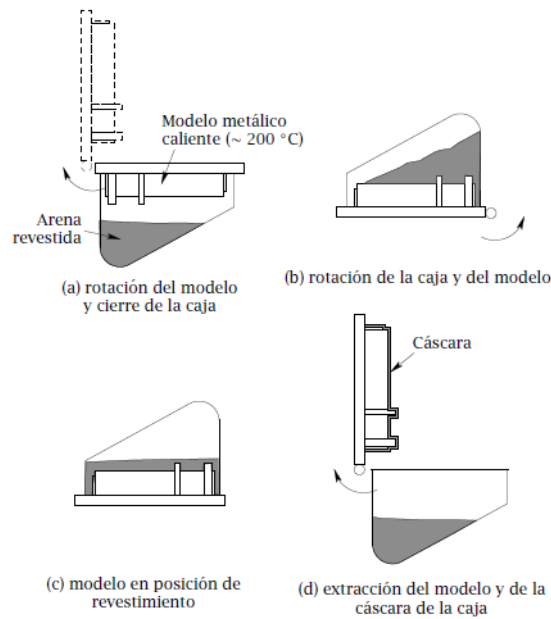


Figura 1.5: Proceso de construcción de molde en cáscara.

Otra técnica extendida es la del *molde a la cera perdida* en la que el modelo (desechable) se construye en materiales de bajo punto de fusión como la cera o el plástico. Así, una vez compactada la arena se calienta el modelo hasta alcanzar su punto de fusión, licuándose y extrayéndose fácilmente sin deteriorar el molde de arena. Mediante esta técnica se consiguen moldes de geometrías muy complejas y permiten, además, obtener piezas con mejores tolerancias dimensionales y acabados superficiales que en los moldes convencionales.

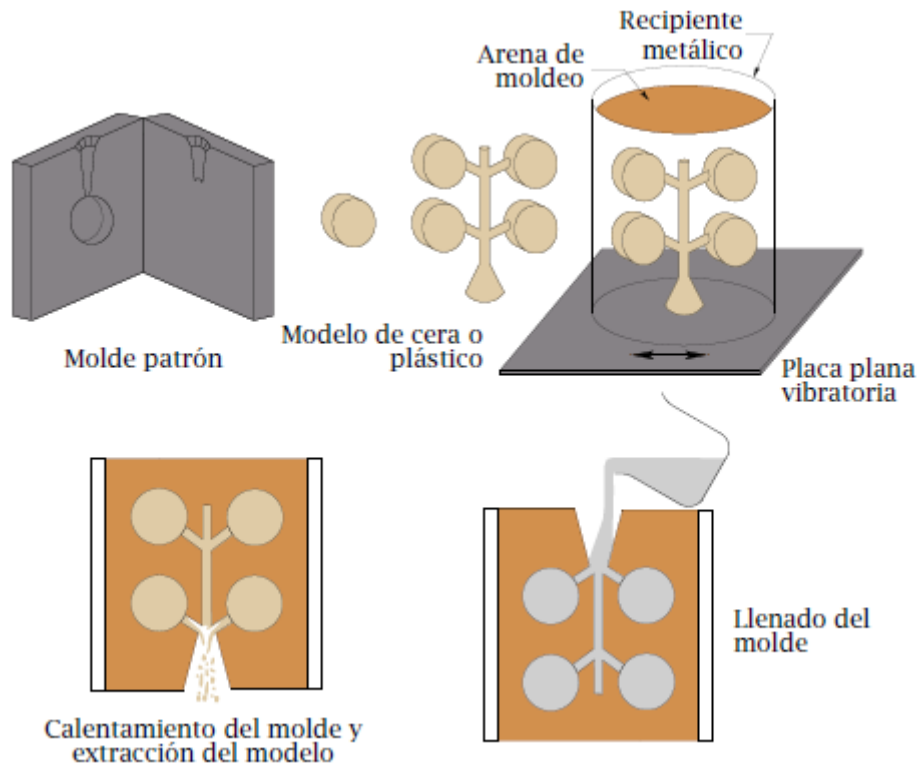


Figura 1.6: Proceso de fundición a la cera perdida.

Otro material empleado para construir moldes desechables es el yeso, con la objeción de que únicamente pueden fabricarse piezas de metales no férreos (plata, oro, aluminio, cobre...) ya que a temperaturas elevadas, el azufre de yeso reacciona con el hierro provocando importantes defectos superficiales. Con esta técnica se pueden obtener piezas con una muy buen acabado superficial, una elevada precisión dimensional y una estructura de grano más uniforme debido a un enfriamiento más lento que en el molde convencional.

1.2. Fundición en molde permanente

En este tipo de procesos, los moldes suelen estar contruidos en metal (hierro fundido, acero, bronce o aleaciones refractarias) o de grafito. Al igual que en los moldes desechables, para producir piezas con cavidades internas se fabrican machos también en metal o grafito y, en algunas ocasiones, en arena. Es importante recubrir las cavidades internas de estos moldes con materiales altamente refractarios como por ejemplo el silicato de sodio, arcillas o grafito.

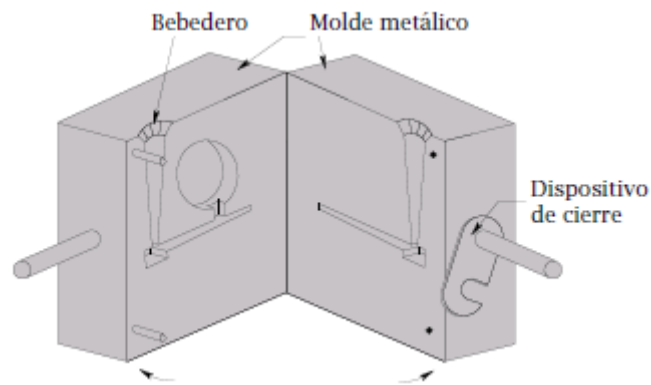


Figura 1.7: Molde permanente metálico o coquilla.

Como se ha comentado anteriormente, este tipo de moldes se calientan hasta temperaturas entre 150 y 200 °C, lo que permite reducir el salto térmico entre el molde y el metal fundido que se vierte en su interior. En comparación con los moldes de arena desechables, estos procesos proporcionan piezas con mejores acabados superficiales, tolerancias dimensionales y propiedades mecánicas. Además la velocidad de producción es mucho mayor en este caso, por ello son los empleados en procesos de producción en serie. Dentro de los moldes permanentes, el más antiguo y extendido es el molde en coquilla, que se puede observar en la Figura 1.7.

Por otro lado, desde principios del siglo XX se han estado desarrollando tecnologías que permiten reducir los tiempos de producción introduciendo a gran velocidad el metal líquido en moldes metálicos que generalmente están refrigerados. Dentro de los “nuevos” sistemas de producción podemos distinguir la fundición al vacío, por inyección a baja presión y por inyección a alta presión.

1.2.1. Fundición al vacío

En el moldeo al vacío se utiliza un molde que se mantiene unido por presión de vacío en lugar de un aglutinante químico. El molde que está sujeto con un brazo robótico, se sumerge parcialmente en el metal fundido que se encuentra en un horno de inducción.

El principio es el mismo que en el moldeo a baja presión o fundición a presión. La presión dentro del molde es disminuida por una bomba de vacío, y la diferencia de presión fuerza al metal fundido a entrar en el molde. El metal se puede fundir al aire o en vacío. El vacío reduce la presión del aire en el interior del molde a aproximadamente dos terceras partes de la presión atmosférica, succionando por tanto el metal fundido en las cavidades del molde a través de un canal de alimentación en la parte inferior del molde.

Una vez que se encuentra lleno el molde, se retira del metal fundido. Este método es parcialmente adecuado para formas complejas con pared delgada. Las piezas fundidas al aire se fabrican fácilmente en volúmenes elevados y a un coste

relativamente bajo. Las piezas fundidas en vacío implican habitualmente el uso de metales reactivos, como aluminio, titanio o circonio. El proceso puede automatizarse y los costes de producción son similares a los de la fundición en arena verde.

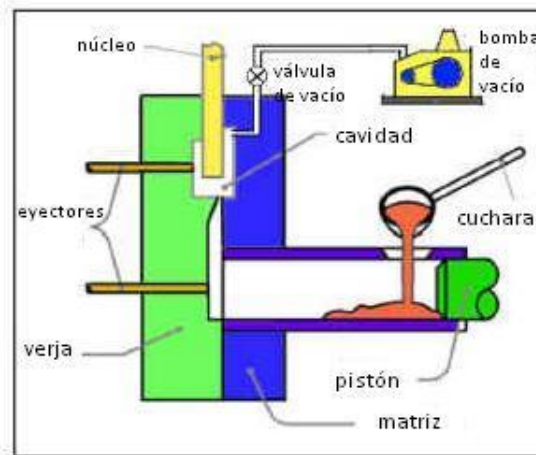


Figura 1.8: Proceso de fundición al vacío en molde permanente.

La gran ventaja y por lo que destaca este proceso, consiste en que el vacío de la cavidad reduce el gas atrapado durante la inyección de metales y por lo tanto la porosidad en la fundición. El resultado es un moldeo con un mayor nivel de calidad y con una mayor resistencia.

Aún así es uno de los procesos menos empleados dada su complejidad. Sobre todo su difícil automatización y la lentitud del proceso hacen que todavía no sea del todo rentable decantarse por este tipo de fabricación.

1.2.2. Fundición por inyección a baja presión

En la fundición a baja presión suelen emplearse máquinas en las que el metal fundido es inyectado en el molde mediante la presión de un gas o succionado por el vacío realizado desde la parte superior del molde, lo que puede permitir eliminar gran parte de los gases que contiene el molde antes de la inyección y proporcionar piezas con menores niveles de porosidad. Con estos procesos pueden fabricarse piezas de aleaciones ligeras o incluso de acero.

La fundición por inyección a baja presión se utiliza, sobre todo, para la fabricación de piezas con materiales como las aleaciones de aluminio, cobre o magnesio, ya que estos materiales, por encima de su punto de fusión, tienden a deteriorar los elementos féreos que componen el sistema de inyección. Por tanto, estos materiales deben evitarse en la fundición por inyección a alta presión.

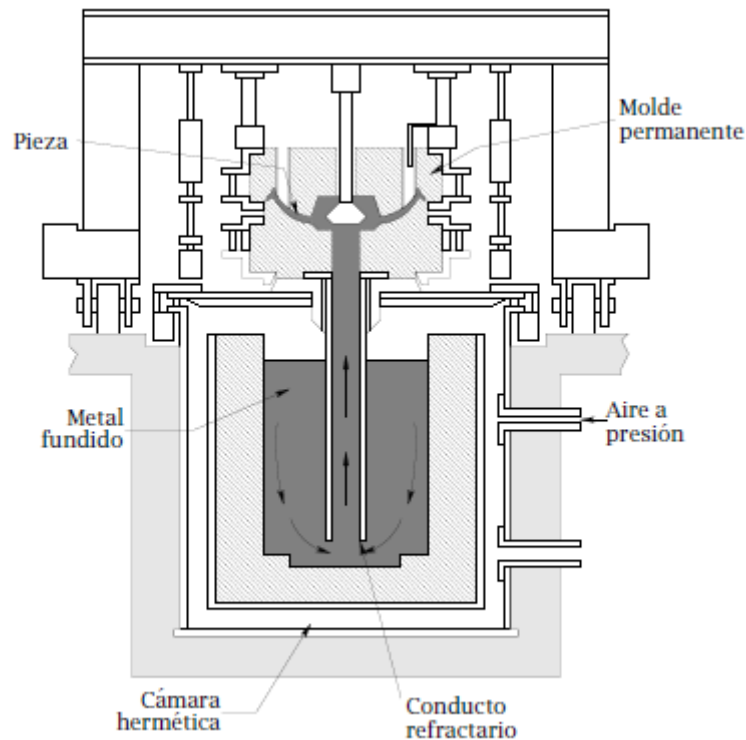


Figura 1.9: Esquema de una máquina de fundición por inyección a baja presión.

1.2.3. Fundición por inyección a alta presión (FIAP)

Este tipo de procesos de fundición comienza a tomar protagonismo a principios del siglo XX, cuando el sector de la automoción impulsa definitivamente el desarrollo de la fundición a alta presión. En la actualidad, estos procesos han adquirido una posición importante dentro de los procesos de fabricación en general, y en la industria de la automoción en particular. Esto se debe fundamentalmente al elevado ritmo de producción que permiten estos procesos, además de los aspectos relacionados con la precisión dimensional, el acabado superficial, la capacidad para reproducir detalles y su bajo coste.

Como resultado de la excelente precisión dimensional (tolerancias lineales en torno al 0,3 % en aleaciones de aluminio) y la calidad superficial de las piezas, la mayoría de éstas no requieren mecanizados adicionales salvo un ligero desbarbado y, en ocasiones, operaciones de taladrado y roscado de orificios.

Los materiales más empleados para fabricar piezas mediante estos procesos abarcan desde las aleaciones de bajo y medio punto de fusión (estaño, plomo, zinc, aluminio o magnesio) hasta incluso aleaciones de hierro, tales como aceros inoxidable. Dentro de este tipo de procesos se pueden distinguir dos grupos en función del lugar donde se realice la fusión del metal.

Para obtener piezas de aleaciones de bajo punto de fusión suelen emplearse máquinas de **cámara caliente**, en las que el horno forma parte del sistema de inyección y, por tanto, la fusión del metal se da en el interior del mismo. Por esta razón, tal y como se indica anteriormente, en este tipo de máquinas no se deben fabricar piezas en materiales como las aleaciones de aluminio, cobre o magnesio ya que por encima de su punto de fusión tienden a deteriorar los elementos féreos que componen el sistema de inyección.

La principales ventajas de las máquinas con cámara caliente frente a las de cámara fría consisten en que el metal fundido es sometido a una menor oxidación y a una menor cantidad de contaminantes producidos en la exposición a la atmósfera y que, además, el hecho de que el cilindro esté sumergido en la colada hace que se llene automáticamente, elimina la variación, acorta el tiempo del ciclo y facilita el control de la temperatura del metal, lo que permite que las presiones de inyección sean menores y los equipos estén sometidos a menores esfuerzos.

El procedimiento en sí se realiza con el cilindro sumergido en el metal fundido y con el pistón que empuja un cierto volumen de metal hacia una salida (cuello de cisne y tobera), la cual descarga en una matriz que se encuentra caliente. El metal inyectado se mantiene en la cámara caliente hasta que se solidifica y luego es enfriado en una cámara de vaciado con agua o aceite. Durante el proceso, se llegan a alcanzar presiones máximas de hasta 35 MPa.

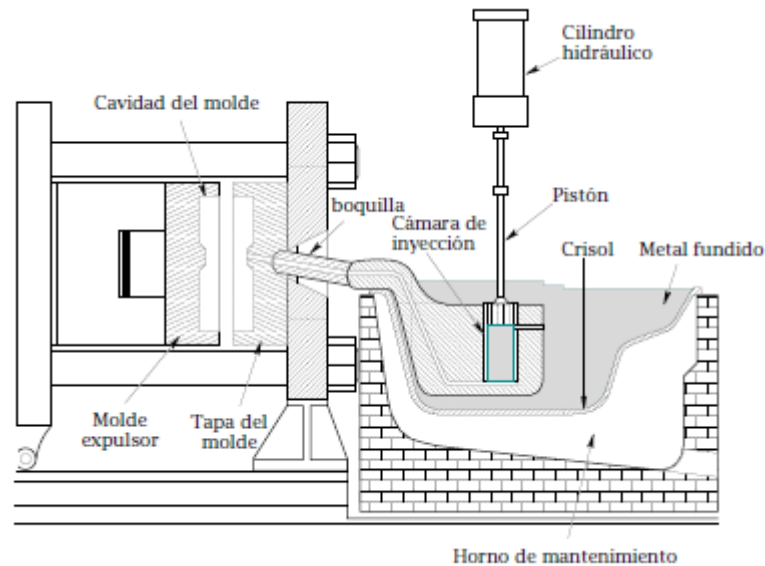


Figura 1.10: Esquema de una máquina de fundición por inyección a alta presión con cámara caliente.

En la actualidad se están empleando, cada vez más, máquinas de **cámara fría** en las que la fusión del metal se realiza fuera del sistema de inyección. El mecanismo de inyección se encuentra a una temperatura inferior a la de la colada de la aleación y el contacto con ella es breve. En ellas, la aleación se funde en un horno independiente y se vierte a continuación en la cámara de inyección con una cuchara o un dispositivo

automático de alimentación, que introduce la cantidad de aleación necesaria para cada pieza (fracción inicial de llenado de la cámara de inyección). Una vez que se encuentra el metal fundido en la cámara de inyección, un pistón accionado por presión hidráulica se desplaza a lo largo de la longitud de la cámara (carrera del pistón), que normalmente es fija, e inyecta el metal en el molde.

Las ventajas de las máquinas con cámara fría, además de la posibilidad de procesar ciertas aleaciones como las de aluminio o zinc que no son posibles de procesar en cámara caliente, se resumen en que se pueden lograr mayores presiones y velocidades de inyección, lo que se traduce en piezas más compactas y con mejores propiedades mecánicas, y que requieren un menor mantenimiento que las de cámara caliente lo que, por tanto, supone un ahorro económico notable.

Este tipo de máquinas pueden presentar la cámara de inyección en posición vertical u horizontal, permitiendo la fabricación de piezas de aleaciones ligeras de mayor punto de fusión que las de cámara caliente. Las máquinas con cámara horizontal permiten ejercer presiones más altas sobre el metal, lo que supone un tiempo de fabricación menor, que las máquinas con cámara vertical.

El uso de este tipo de máquinas ha experimentado un notable incremento, particularmente en el sector de automoción (aproximadamente un 65% de la producción de piezas de aluminio mediante FIAP) en el que compiten diversas aleaciones ligeras de aluminio. En un segundo lugar se encuentran los sectores dedicados a la producción de equipamiento informático y de telecomunicaciones, y los de dispositivos de instrumentación y medida.

A partir de ahora nos centraremos en el análisis de los procesos de fundición a alta presión con cámara fría horizontal ya que los moldes diseñados y fabricados en el presente proyecto serán de este tipo.

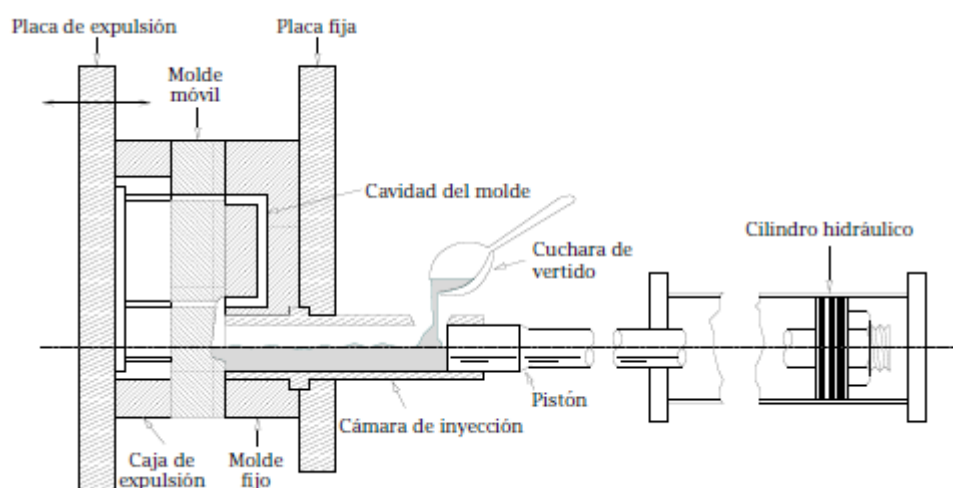


Figura 1.11: Esquema de una máquina de fundición por inyección a alta presión con cámara fría horizontal.

1.2.3.1. Etapas de inyección en máquinas con cámara fría horizontal

El proceso de inyección en este tipo de cámaras se inicia una vez que se ha aplicado el fluido desmoldeante sobre las paredes del molde, se ha cerrado el molde y se han configurado todos los parámetros del proceso. La inyección del metal fundido se puede dividir en tres etapas, pudiéndose optimizar cada una de ellas de forma independiente.

- Etapa lenta: en esta primera fase, el pistón empuja al metal fundido hasta que la cámara de inyección esté completamente llena.

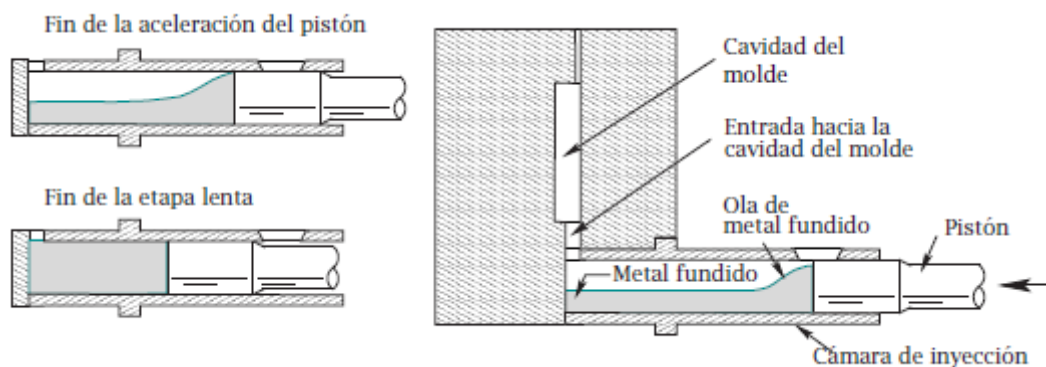


Figura 1.12: Etapa rápida del proceso de inyección en molde permanente con cámara fría horizontal.

- Etapa rápida: tras llenar la cámara de inyección, el pistón empuja al metal a gran velocidad para llenar la cavidad del molde.

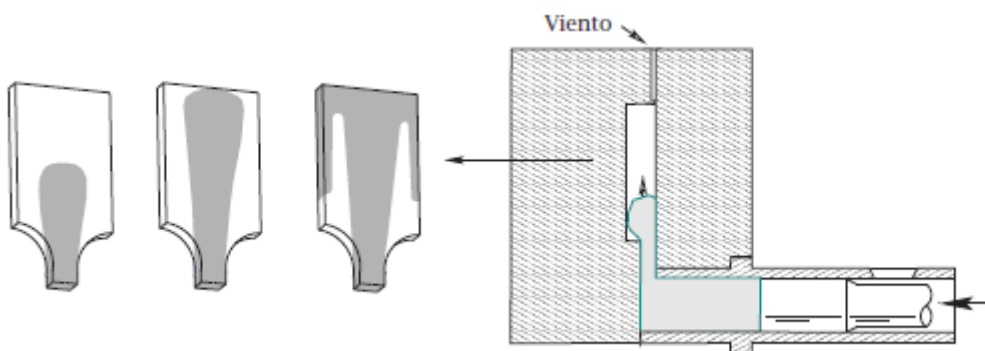


Figura 1.13: Etapa lenta del proceso de inyección en molde permanente con cámara fría horizontal.

- Etapa de sobrepresión: una vez que el molde está completamente lleno, se eleva la presión que el pistón ejerce sobre el metal y se mantiene durante la solidificación de la pieza.

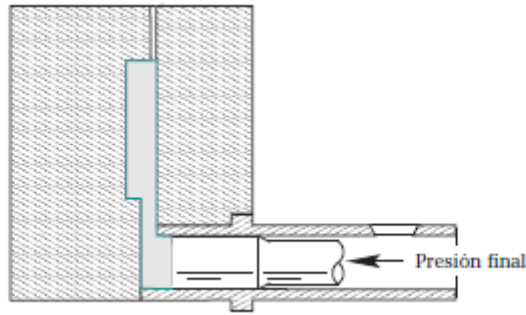


Figura 1.14: Etapa de sobrepresión del proceso de inyección en molde permanente con cámara fría horizontal.

Cada una de estas fases se caracteriza por la velocidad del pistón al empujar al metal fundido y por la presión que el sistema de inyección ejerce sobre él.

El metal fundido es dirigido desde la cámara hasta la cavidad del molde a través de un conducto llamado canal de colada. La configuración del canal de colada depende, básicamente, de la geometría de la pieza a fabricar y las condiciones de proceso utilizadas. La cámara de inyección se llena parcialmente con un volumen de metal fundido (fracción inicial de llenado), desplazándose a continuación el pistón a lo largo de la cámara (carrera del pistón), que normalmente es fija. Durante este proceso de inyección, el aire inicial contenido en el molde y en la cámara de inyección puede ser atrapado en el metal fundido, formando pequeñas burbujas que provocarían la aparición de porosidad cuando el metal se solidifique.

El aire inicial que ocupa la cavidad del molde, el canal de colada y, en los casos de inyección mediante máquinas con cámara fría horizontal, la parte de la cámara de inyección que no está ocupada por el metal fundido, debe ser evacuado para evitar que quede atrapado en la pieza formando poros. Normalmente, el aire es evacuado desde la cavidad del molde hacia el medio ambiente a través de los vientos, que en la práctica suelen estar mecanizados a lo largo de la línea de partición. Para que la evacuación sea óptima, los vientos deben situarse en aquellas zonas del molde que se llenan en último lugar, cuestión que en la mayoría de los casos es imposible, y por ello es necesaria la evaluación de la geometría y posición de los vientos para evitar en todo lo posible la formación de poros en la pieza o, por lo menos, poder controlar dicha porosidad.

La importancia de disponer de un sistema de evacuación de aire apropiado es mayor conforme el tamaño de la pieza aumenta. Incluso, en determinados casos, las piezas pequeñas no precisan de vientos, siendo la evacuación de aire producida a través de la línea de partición del molde suficiente. Además, lo normal en piezas de tamaño considerable es la colocación de pequeños depósitos (rebosaderos) junto a los vientos, con el fin de retener, entre otras cosas, elementos contaminantes como óxidos, escorias, pequeñas burbujas de aire, restos de lubricante, etc. Estos rebosaderos también sirven de apoyo para cuando sea necesaria una mayor evacuación del calor en zonas críticas.

La intensificación de la presión en la última etapa, junto con los datos geométricos de la pieza a fabricar, es lo que determina la fuerza necesaria para mantener el molde completamente cerrado. Normalmente, el molde está diseñado para que varias de sus partes queden perfectamente acopladas y así ayudar a la estanqueidad y homogeneidad del mismo una vez que se cierra. La presión que ejerce el sistema de inyección sobre el metal, permite reducir el volumen de las burbujas de gas atrapado y, por tanto, los niveles de porosidad en la pieza. En los procesos FIAP con cámara fría horizontal se llegan a alcanzar presiones y velocidades de inyección del orden de 1000 kg/cm^2 y 6 m/s respectivamente, existiendo en el mercado máquinas de hasta 5000 toneladas de fuerza de cierre del molde que son capaces de inyectar más de 40 kg de metal en cada inyección.

Una vez ha transcurrido el tiempo necesario para asegurar la solidificación de la pieza, se procede a la apertura del molde mediante el desplazamiento de la parte móvil del mismo, lo que permite la extracción de la pieza fabricada mediante el mecanismo de expulsión a través de una serie de expulsores situados en la parte móvil del molde, los cuales están distribuidos de manera estratégica en la llamada placa de expulsores con el fin de evitar dañar las superficies funcionales de la pieza. Una vez extraída la pieza, se da por finalizada la producción de la misma y comenzaría de nuevo el ciclo de fabricación de la siguiente pieza.

Por último, se adjunta una gráfica con el diagrama de recorrido y presión en una inyección de una máquina de fundición a alta presión con cámara fría horizontal donde se señalan las tres fases del proceso de inyección:

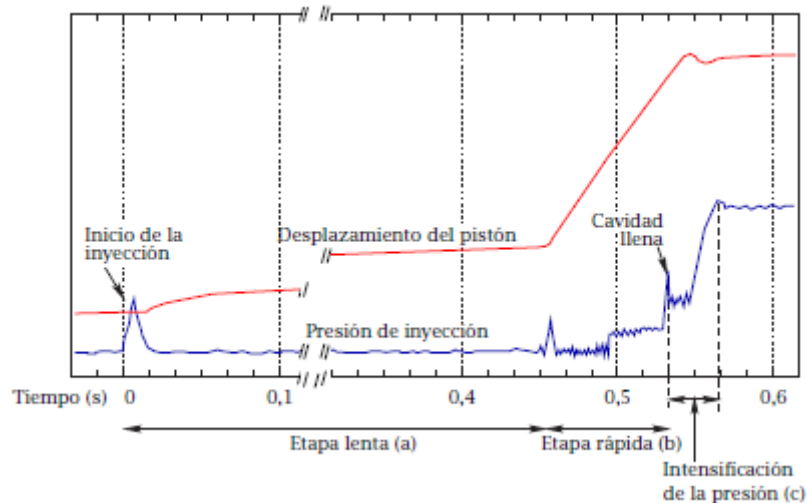


Figura 1.15: Diagrama de recorrido y presión en las tres etapas de una inyección FIAP.

1.3. Formación de porosidad en procesos FIAP

Como se ha comentado anteriormente, uno de los principales defectos que presentan las piezas fabricadas con estos procesos, como ya se ha indicado, es la porosidad originada por atrapamiento de gas. La mayoría de las tecnologías de fundición por inyección que se han desarrollado en los últimos años están orientadas a minimizar su presencia y sus efectos (“squeeze casting”, “pore free”, “vacuum casting”, entre otros). En la actualidad se pueden encontrar diversos trabajos que muestran la relación entre la presencia de porosidad en piezas de aleaciones ligeras y negativas sus consecuencias sobre determinadas propiedades mecánicas, tales como la ductilidad, la resistencia a la tracción, resistencia a fatiga, módulo elástico, tensión de fluencia, resistencia última, etc. donde la porosidad supone una disminución de todas ellas.



Figura 1.16: Ejemplos reales de porosidad en piezas metálicas tras el moldeo.

En piezas con exigencias mecánicas no muy elevadas, la disminución de la calidad debida a la porosidad se ve compensada por las grandes ventajas de los procesos de FIAP mencionadas anteriormente. Mientras que en el caso de piezas con exigencias de funcionamiento mayores, se debe reducir a un límite admisible el nivel de porosidad, lo que requiere la utilización de tecnología compleja y el conocimiento y control de los factores que determinan el nivel de porosidad de las piezas fabricadas. Actualmente, se está realizando un gran esfuerzo de investigación para superar las limitaciones de los procesos FIAP (sobre todo respecto a la porosidad) y hacerlos aún más competitivos.

Tras numerosos trabajos realizados para tratar de predecir la aparición de porosidad en piezas fundidas se han conseguido identificar dos de los parámetros que frecuentemente controlan la aparición de porosidad: el tiempo de solidificación y los gradientes de temperatura durante la solidificación del metal fundido. Por otro lado, en trabajos más recientes se trata de acoplar estas dos causas analizando sus efectos combinados. Dichas causas son la existencia de gases disueltos y atrapados en el metal fundido y la resistencia a la alimentación líquida que se presenta en las zonas en solidificación para compensar la contracción volumétrica que experimenta el metal al solidificarse.

Por tanto, en función de la causa que provoca la porosidad, podemos dividir ésta en dos categorías principales: porosidad por contracción volumétrica y porosidad debida a la existencia de gases disueltos y atrapados en el metal fundido.

- *Porosidad por contracción volumétrica:*

A nivel “microgénico”, la porosidad (microporosidad) producida por la contracción volumétrica del metal al solidificarse puede generarse por distintos factores. Por un lado, los problemas de alimentación líquida pueden dar lugar a porosidad interna producida por un mecanismo de nucleación interna o de iniciación superficial. En ocasiones, las dificultades en la alimentación líquida dan lugar a que se produzca una porosidad externa, en la superficie de la pieza. Este tipo de porosidad puede verse agravada cuanto menor sea la velocidad de enfriamiento.

Por otro lado, la macroporosidad por contracción en las piezas fundidas es debida al hueco al hueco producido por el cambio volumétrico que tiene lugar durante la solidificación del metal fundido. Este tipo de porosidad se da a lo largo del eje de la pieza fundida, donde la temperatura de la aleación durante la solidificación es máxima. En los puntos de este eje, el calor se dirige hacia ambos lados del molde por lo que suele estar situado en la zona central de la sección de la pieza, siempre y cuando las dos partes del molde tengan similares propiedades térmicas. También suele ser común que se de este tipo de porosidad en las sección que solidifican en último lugar y que se sitúan en zonas alejadas de la puerta de entrada de metal hacia el molde, ya que en estas zonas es más difícil el aporte de metal líquido que ocuparía el hueco debido a la contracción de la aleación. Dada la relación directa con la temperatura de solidificación en este tipo de porosidad, este efecto puede verse aumentado en las aleaciones que poseen un amplio rango de temperaturas de solidificación.

Por último, cabe destacar que los efectos causados por la porosidad por contracción son muy difíciles de evitar por completo, por lo tanto estamos obligados a intentar controlarlos en la medida de lo posible, situando la porosidad en zonas de la pieza a las que no afecte negativamente sus exigencias en el funcionamiento. En la práctica, esto se consigue modificando en lo posible la geometría de la pieza evitando grandes espesores y zonas con gran cantidad de metal o, en su caso, empleando líneas de enfriamiento en determinadas zonas del molde para obtener unos gradientes de temperatura lo más uniformes posibles a lo largo de todo el volumen de la pieza.

- *Porosidad por atrapamiento de gases:*

Este segundo mecanismo de generación de porosidad, el cual se da por la posible existencia de gases que quedan atrapados en el interior del metal fundido durante el proceso de inyección, es particularmente relevante en los procesos de alta presión. Cabe destacar, que este tipo de porosidad es más relevante que la originada por contracción, ya que se da con mucha más frecuencia en los procesos FIAP. El tamaño de los poros ocasionados por atrapamiento de gas es muy variable en función del tipo de proceso y las condiciones de operación utilizadas. Generalmente varía entre 1 y 5 mm de diámetro, por lo que resulta sencillo su identificación a simple vista cuando la pieza es mecanizada. Su distribución en la pieza no suele ser uniforme, concentrándose principalmente cerca de las secciones de entrada del metal fundido a la cavidad del molde, en las zonas más elevadas de la pieza o en las últimas zonas en llenarse. Además, varios estudios y trabajos indican podemos identificar frente a qué porosidad estamos según morfología de los poros en la pieza estudiada. La porosidad debida al atrapamiento de gas suele presentar un aspecto suave y redondeado mientras que las formas rugosas e irregulares suelen producirse por la contracción del metal.

La aparición de este inconveniente se debe principalmente a las características del flujo en la cámara de inyección y a la turbulencia en el flujo de metal fundido en la entrada del molde. Estas dos causas pueden dar lugar a altos niveles de formación de burbujas. Esto se puede ver agravado por los pequeños tiempos de solidificación característicos de estos procesos y por la dificultad de evacuación de los gases en moldes metálicos. Estos patrones de flujo del metal fundido dependen directamente de la geometría de llenado, de la colocación y el diseño de los vientos y de las velocidades y aceleraciones a las que se somete dicho flujo.

Tal y como se indica anteriormente, en estos procesos el aire puede ser evacuado desde la cavidad del molde hacia el medioambiente a través de los vientos. El diseño y la localización de los vientos son vitales para reducir la masa de aire residual en la cavidad del molde al final de la inyección, pero además debe minimizar los trabajos de acabado posteriores y asegurar que el metal fundido se solidifica dentro del molde y no a en la superficie de los vientos. En la práctica, los sistemas de evacuación de aire están formados por varios vientos de sección rectangular y pequeño espesor para evitar, precisamente, que el metal fundido pueda ser expulsado fuera de la cavidad del molde antes de su solidificación. Estos vientos, que deben situarse en lugares estratégicos para facilitar la completa evacuación del aire, se suelen mecanizar a lo largo de la línea de partición del molde.

Por otra parte, la gravedad de la porosidad debida a los gases atrapados durante el proceso de inyección es mucho menor si la velocidad de elevación de las burbujas de gas a través del molde hacia el exterior es suficientemente grande. Así, el tiempo de ascenso y evacuación de las burbujas será menor que el tiempo de solidificación del metal y cuando ésta se dé, las burbujas habrán sido evacuadas. Aún así, esta circunstancia es muy difícil de encontrar en los procesos con inyección a alta presión ya

que las piezas son de paredes muy delgadas y los tiempos de solidificación son mínimos.

El gas atrapado en forma de burbujas suele estar formado, básicamente, por hidrógeno precipitado durante la solidificación del metal fundido, gases procedentes de los lubricantes empleados en la cámara de inyección, vapor de agua y aire inicial que ocupa la cámara de inyección y la cavidad del molde, teniendo este último mucha mayor presencia que los demás. El hidrógeno se podría disminuir realizando la fusión y colada del metal en un ambiente de bajo contenido en hidrógeno, aunque en la práctica no suele ser muy viable. Con respecto al uso de lubricantes y desmoldeantes, las máquinas suelen incorporar un sistema de regulación de la cantidad empleada en el proceso, limitando así las cantidades de gas generadas.

Dada la complejidad que presenta el estudio de los métodos y condiciones de operación que permitan disminuir los niveles de gas atrapado, la solución que tradicionalmente se ha utilizado en la práctica en los procesos FIAP consiste básicamente en la utilización de la anteriormente citada etapa de intensificación o tercera etapa de inyección, durante la cual se aplica una elevada presión sobre el metal mientras se solidifica con el fin de reducir el volumen de las burbujas de gas atrapadas en el metal fundido antes de que éste se solidifique.

1.3.1. Porosidad en el proceso de inyección

Para una óptima evaluación y control de la porosidad en los procesos FIAP es necesario estudiarla por separado en cada etapa del proceso de inyección. Como ya se ha comentado antes, la principal y más voluminosa causa de la porosidad es el atrapamiento de gas durante el proceso de llenado y solidificación del metal fundido, en especial en los procesos FIAP. De este modo, analizaremos el atrapamiento de gas tanto en la etapa lenta como en la etapa rápida de llenado del molde.

- **Etapla lenta (llenado de la cámara de inyección):**

Durante el movimiento del pistón, en la cámara de inyección se forma una ola de metal fundido que puede dar origen a dos tipos de atrapamiento de aire: impacto de la ola de metal contra el techo de la cámara (Figura 1.17a) o impacto de la ola contra la pared final de la cámara (Figura 1.17b).

Para evitar este atrapamiento de aire, el pistón debe empujar al metal fundido hasta que alcance y llene la parte superior de la cámara de inyección, desplazándose a continuación a velocidad constante para evitar la rotura de la ola. Existe una velocidad crítica del pistón para la cual la ola de metal líquido se eleva hasta alcanzar el techo de la cámara de inyección sin romperse. Así, si el pistón alcanza una velocidad mayor que la crítica, la ola se reflejará en el techo de la cámara de inyección y el frente de la ola podría romperse provocando el atrapamiento de aire. Por el contrario, si la velocidad del

pistón es inferior a la crítica, la ola podría reflejarse en la pared final de la cámara y atrapar el aire entre el pistón y la parte superior de la cámara de inyección.

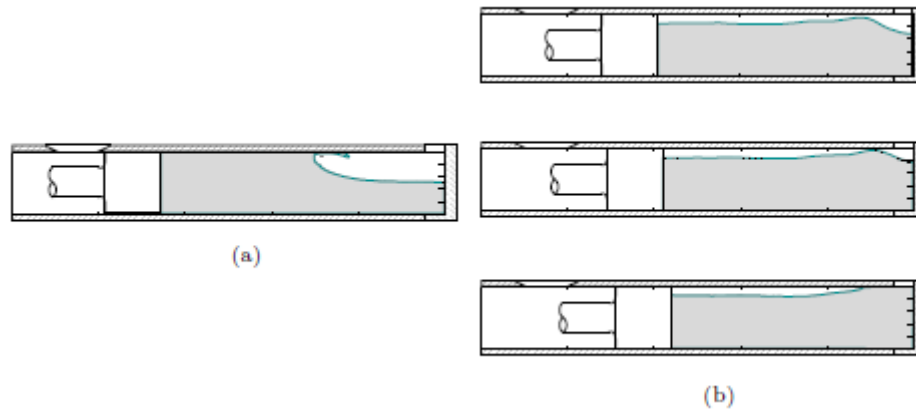


Figura 1.17: Mecanismos de atrapamiento de aire en la cámara de inyección.

El pistón debe ser inicialmente acelerado para alcanzar la velocidad crítica de primera fase, dependiendo la evolución del perfil de la ola de la ley de aceleración empleada. Aunque existen estudios teóricos y experimentales referentes a la influencia de la aceleración del pistón, en la práctica se pone poco énfasis en la planificación del proceso para controlar la aceleración y el movimiento del pistón hasta alcanzar la velocidad crítica. Esto se debe a la inexistencia de criterios suficientemente generales para seleccionar dichas condiciones.

En muchas ocasiones, el pistón se mueve con una velocidad que aumenta linealmente con la distancia recorrida. La razón de esta elección se debe a que en muchas máquinas los perfiles de velocidad del pistón se suelen programar especificando la velocidad en función de la posición del pistón. En este caso se conoce que para una geometría y una fracción inicial de llenado de la cámara de inyección dadas, existe una aceleración óptima que minimiza el volumen de aire atrapado.

- **Etapas rápidas (llenado del molde):**

Respecto al atrapamiento de aire que se puede producir durante el llenado del molde, éste está relacionado, principalmente, con la evolución del flujo de metal fundido y la evacuación del aire contenido en el molde a través de los vientos. A su vez, la evolución del flujo de metal se puede ver afectada por distintas variables entre las que destacan: las condiciones del flujo a la salida de la cámara de inyección, el diseño del sistema de distribución, la velocidad de inyección, la geometría de la cavidad principal del molde, la geometría y ubicación del sistema de evacuación de aire y las propiedades del metal fundido durante el llenado del molde.

Como ejemplo, se representa el llenado de una cavidad con forma rectangular y posición vertical para diferentes velocidades de entrada del metal fundido. Según cómo

se produzca el llenado y dónde se ubique el sistema de evacuación de aire, se podrían producir bolsas de aire que quedarían atrapadas formando poros.

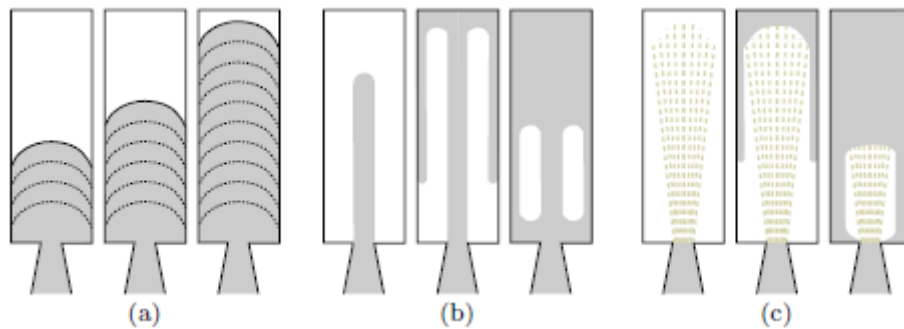


Figura 1.18: Llenado de un molde: (a) frente de metal plano, (b) frente de metal no plano y (c) flujo de metal atomizado.

En procesos de función a presión, la transición del metal fundido de la cámara de inyección del molde, la geometría del sistema de distribución y del propio molde y las velocidades empleadas suelen provocar la rotura del frente de metal líquido durante el llenado.

El proceso de llenado con frente de metal plano, que se observa en la Figura 1.18(a), es característico de velocidades de metal fundido lentas y la localización de los vientos en los puntos más alejados de la entrada de metal podría eliminar el atrapamiento de gas. En estos procesos, la transición del metal fundido de la cámara de inyección al molde, la geometría del sistema de distribución y del propio molde y las velocidades empleadas pueden provocar la rotura del frente de metal durante el llenado.

A menudo, el frente de metal converge y rodea las bolsas de aire, provocando en atrapamiento de gases en la pieza que se está fabricando. Este mecanismo de atrapamiento se observa en la Figura 1.18(b). En este caso, incluso la correcta ubicación de los vientos, puede no ser suficiente para evitar el atrapamiento de aire.

Por último, cuando la velocidad del metal es muy grande, puede tener lugar la atomización del fluido (Figura 1.18(c)). En este caso, el metal se convierte en un aerosol rociado en la cavidad principal, provocando el tercer tipo de atrapamiento de aire.

1.4. Métodos de evaluación de la porosidad

Cuando se estudia la porosidad que pueda aparecer en una pieza fundida, la idoneidad de los diferentes métodos para examinarla depende de en qué medida la porosidad afecte a las propiedades de la pieza fabricada. Las propiedades que se deben considerar son las relacionadas con características mecánicas tales como resistencia a la tracción, resistencia a fluencia, tensión de rotura, dureza o resistencia a la fatiga.

También son importantes otros aspectos relacionados con la soldabilidad de la pieza, su tratabilidad térmica o las propiedades superficiales de la pieza para realizar recubrimientos posteriores. Además, se debe tener en cuenta que la gravedad de la porosidad en las piezas fundidas depende de su localización, su caracterización y el grado de exigencia funcional que se le vaya a exigir. Por tanto, no todos los métodos de ensayo son recomendables para todas las aplicaciones, aunque se podría identificar un perfil básico con algunos requisitos mínimos necesarios que debieran cumplir dichos métodos. Estos requisitos podrían ser: reproducible, no destructivo en la medida de lo posible, debe permitir identificar las características generales de la porosidad así como su influencia sobre la funcionalidad de la pieza fundida, y la relación coste/beneficio del método de ensayo debe estar dentro de unos límites razonables.

Con respecto a la idoneidad del método para su uso práctico, los métodos pueden dividirse en destructivos y no destructivos. Entre los métodos no destructivos podemos destacar los métodos basados en la inspección visual, el radiografiado, la tomografía computerizada, el uso de ultrasonidos, el estudio de frecuencias de resonancia o el método gravimétrico. Dentro de los métodos destructivos se pueden destacar el análisis de imagen de distintas secciones de la pieza y la fusión al vacío.

1.4.1. Métodos no destructivos

- Inspección visual: Se trata del método más sencillo aunque, por ello, tiene grandes limitaciones. Únicamente se permite distinguir cualitativamente la presencia de porosidad superficial. Este método es apropiado en el caso de fabricación de piezas donde las consideraciones estéticas son importantes, como por ejemplo en el caso de la fabricación de modelos.
- Radiografiado: Los métodos de radiografiado (rayos X o γ), están muy extendidos en el ámbito de la fundición industrial ya que permiten detectar, además de la porosidad, otros defectos internos tales como la presencia de grietas o fisuras, segregaciones o inclusiones de impurezas. De cara a la evaluación de la porosidad, este método permite localizar e identificar con precisión las zonas donde se concentra, aunque la información es bidimensional, lo que impide una evaluación cuantitativa del grado de porosidad. Los resultados obtenidos dependen en gran medida de varios factores tales como el tipo de exposición, la toma de imágenes y su ajuste, la posición de la pieza respecto a la trayectoria de la radiación, el material de la pieza o incluso la experiencia del personal que realiza la interpretación.
- Tomografía computerizada: Los continuos desarrollos en el campo de la automatización e informatización de los procesos de inspección han incrementado tanto la capacidad como la velocidad de operación del equipamiento radiográfico. Una técnica adicional en este campo es la tomografía computerizada de rayos X que representa la simbiosis, en un ensayo no destructivo de las técnicas de rayos X

junto con las de análisis de imagen. Mediante esta técnica se consigue información tridimensional generada por un ordenador a partir de una gran cantidad de imágenes 2D generadas por el sistema de rayos X, lo que permite valorar la porosidad de la pieza fabricada. Es posible obtener medidas de densidad con elevada precisión cuando se realiza una calibración apropiada.

- Ultrasonidos: Este extendido método también es aplicable a la medida de porosidad en piezas fundidas aunque de manera cualitativa y con cierto grado de incertidumbre. Actualmente se continúa investigando la posibilidad de identificar defectos internos usando la inspección ultrasónica antes de mecanizar la pieza de fundición. También se estudia la posible automatización de la clasificación de defectos detectados a partir de las señales ultrasónicas usando varias técnicas de procesamiento de señal (transformada rápida de Fourier y “Wavelet Transform”) para eliminar el ruido perturbador que aparece en las señales obtenidas debido a la rugosidad superficial y al tamaño de grano. Este método presenta un inconveniente, en comparación por ejemplo, con el ensayo de evaluación del llenado del molde mediante agua, y es que nos proporciona información precisa de la posición de las burbujas de gas pero no sabemos cómo se han formado dichas burbujas y las causas que las han originado. Mientras que en la evaluación por llenado con agua, vamos observando todo el proceso de llenado y el proceso de formación de las burbujas.
- Frecuencias de resonancia: Existen ciertos trabajos donde se han desarrollado métodos de detección de defectos, incluyendo la porosidad, basados en el estudio de las frecuencias de resonancia de la pieza (que depende principalmente del módulo elástico, densidad y dimensiones), aunque a día de hoy no es posible discriminar cuantitativamente los defectos debidos exclusivamente a la porosidad.
- Gavimetría: Basado en el principio de Arquímedes, nos permite conocer la densidad de un sólido mediante el uso de la balanza hidrostática donde se pesa el sólido en aire así como sumergido en agua una vez conocida la densidad del líquido utilizado. Una vez conocida la densidad de la muestra, el cálculo de la porosidad se realiza en función de la densidad teórica de la muestra sin poros. Este método es, probablemente, el más utilizado a la hora de valorar la porosidad en piezas fundidas.

1.4.2. Métodos destructivos

- Análisis de imagen de distintas secciones de la pieza: Se trata del método más utilizado de entre los métodos destructivos para evaluar la porosidad en piezas mecanizadas. El estudio de la porosidad a nivel micro o macrogeométrico dependerá del tratamiento que se proporcione a las superficies estudiadas y de los métodos de visualización empleados (lupas y microscopios fundamentalmente). En la actualidad y gracias al avance tecnológico, se está extendiendo cada vez más el

uso de otros métodos de visualización como son el ordenador, cámaras digitales, tarjetas de adquisición de imagen y software de tratamiento de imagen.

A pesar de que la técnica de análisis de imagen tiene la capacidad de medir el porcentaje de porosidad local, se utiliza una sencilla técnica para relacionar el porcentaje de porosidad de varias imágenes con el porcentaje de porosidad global de la pieza analizada. De esta manera, los porcentajes de porosidad de cada sección se ponderan con los volúmenes de la sección para calcular el porcentaje medio de porosidad de toda la pieza fundida. El inconveniente que presenta esta técnica es que pueden quedar zonas de porosidad no seccionadas y por tanto, no tener constancia de ellas. Por ello esta técnica está recomendada para aquellos casos en que se requieran estudios de porosidad locales.

- Fusión al vacío: Esta técnica permite la cuantificación de la cantidad de gas atrapado en una pieza mediante la fusión de la misma en el interior de una cámara en la que las condiciones de presión, volumen y temperatura son conocidas. El principio básico de funcionamiento de este método consiste en relacionar las variaciones de presión y temperatura experimentadas con la cantidad de gas atrapado que se libera durante la fusión de la pieza. Estas variaciones de presión y temperatura vendrán condicionadas por el volumen y presión de las burbujas de gas atrapado en la pieza. Existen ciertos trabajos experimentales, que concluyen que el método de fusión al vacío es superior al gravimétrico a la hora de evaluar el atrapamiento de aire en procesos FIAP, ya que este último no distingue entre poros con gas o sin gas atrapado en su interior, sino que mezcla las cantidades de gas atrapado con la contracción debida a la solidificación. Cabe mencionar que este método, aunque que ofrece grandes resultados sobre la cantidad de gas atrapado en la pieza, no permite analizar la formación y recorrido de las burbujas hasta su posición final, por tanto debería combinarse con un método que aporte dicha información, como por ejemplo el radiografiado. En este caso, al ser la fusión al vacío un método destructivo, en primer lugar se procedería al radiografiado y una vez obtenida la información deseada, se procedería a realizar la fusión del metal al vacío para completa dicha información.

1.5. Ensayo de visualización del llenado del molde mediante agua

Unos de los objetivos del proyecto es la fabricación de un molde en metacrilato que nos permita realizar este ensayo para el análisis del proceso de llenado del molde, empleando la analogía entre el agua y el aluminio.

La principal ventaja de este ensayo es que nos permite visualizar paso a paso el proceso de llenado de la cavidad del molde. Gracias a la transparencia del metacrilato, se pueden realizar fotografías con cámara a alta velocidad para, posteriormente, analizarlas y observar el procedimiento de formación de burbujas en la simulación de

fundición realizada con el agua. Los resultados obtenidos, serán fiables para la fundición real de aluminio, bajo condiciones similares.

Para que el ensayo sea comparable a los resultados obtenidos mediante el llenado con aluminio del molde real, deben controlarse ciertas condiciones.

Los experimentos de visualización del llenado empleando el agua como fluido de trabajo llevados a cabo con anterioridad por el Departamento de Ingeniería de los Materiales y de Fabricación se realizaron en la instalación disponible en la UNED descrita más adelante. Las condiciones que se establecieron para aquellos ensayos, serán las mismas que se emplearán para ensayar el molde diseñado y fabricado en este proyecto.

Estos ensayos se realizaron utilizando una cámara de inyección con un orificio en la zona superior junto a la pared final de la misma. Este orificio, con un diámetro de 10 mm, permite la correcta evacuación de aire durante el proceso de inyección. El diámetro interior de la cámara de inyección (H) es de 74 mm y la longitud total de la cámara se eligió para obtener la misma relación $L/H = 5,3$ usada en los experimentos con aluminio en condiciones reales de operación. Estos experimentos se realizaron añadiendo al banco de ensayos el molde de poli-metil-metacrilato citado anteriormente, con una geometría idéntica a la del molde utilizado para los ensayos con aleación de aluminio, diferenciándose únicamente en las dimensiones del sistema configurable de evacuación de aire. En este caso ambas configuraciones del sistema de evacuación de aire presentan dos vientos de sección transversal circular de área $A_v = 0,0126 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ y longitud $L_v = 50 \text{ mm}$ situados bien en la parte superior de la cavidad del molde o a ambos lados del molde cerca de la entrada de la cavidad principal con una $L_v = 50 \text{ mm}$ en este caso. Obsérvese que el valor del área de la sección transversal de los vientos es considerablemente mayor que la que se usaría típicamente en estos procesos de fundición. El motivo de esta elección es permitir una fácil evacuación del líquido una vez que la cavidad esté completamente llena, evitando así un incremento demasiado elevado y repentino de la presión del líquido en la cavidad y los consiguientes daños en el banco de ensayos. Para la mejor visualización en los ensayos, se añadió en baja proporción un colorante al agua, no observándose cambios significativos en la densidad y tensión superficial.

Las simulaciones realizadas para el estudio de la primera fase del proceso de inyección y del llenado de la cavidad del molde fueron realizadas bajo las siguientes hipótesis:

- Los efectos de la tensión superficial y transferencia de calor fueron despreciados en todas las simulaciones, lo que parece ser razonable para el rango de las condiciones de flujo (el n° de Weber es del orden de 30 en la cámara de inyección y de 10^2 o incluso más alto en el estudio del llenado del molde) y periodos de tiempo (primera fase del proceso de inyección e instantes iniciales del llenado del molde) considerados en los ensayos. Para las velocidades de inyección más altas, generalmente usadas en procesos de fundición por

inyección a alta presión, se podrán formar estructuras complejas del fluido, tales como burbujas, chorros y gotas de pequeño tamaño, haciendo necesario considerar, en estos casos, los efectos anteriormente mencionados.

- Dado que la relación de densidades entre el flujo líquido (metal o agua según los casos considerados) y el aire es muy alta (pudiendo alcanzar valores superiores a 2000) y el alto coste computacional que presenta la simulación acoplada del líquido y gas en tres dimensiones, se resolvió solamente la dinámica del líquido fijando la presión en la superficie libre.

1.6. Equipo experimental para la realización de ensayos

Aunque no sea objeto del proyecto la realización de los ensayos indicados anteriormente, en este apartado se describen los equipos que se emplean para ensayar los moldes diseñados y fabricados en el proyecto.

1.6.1. Equipo experimental para ensayos en molde de acero

Son muchos los ensayos que se pueden realizar para la evaluación de la porosidad en la fundición de metales, sin embargo, las placas de aluminio que se podrán fabricar con el molde de acero son idóneas para someterse a ensayos tanto de tipo destructivo como no destructivo. En el primer caso, puede llevarse a cabo la inspección visual y medida de volumen de porosidad en varias secciones de la placa, realizando un barrido estadístico en varias secciones de la misma pieza. Por otra parte, entre los ensayos no destructivos que se pueden aplicar a las placas destacan aquellos en los que no es necesario observar el proceso de llenado de la cavidad (en el acero no es posible). Por ejemplo, destaca el ensayo de ultrasonidos, el cual nos proporciona información muy útil acerca de la posición de las burbujas de gas a lo largo de toda la pieza, y también el radiografiado. Además, puede someterse a ensayos de fusión al vacío para cuantificar la porosidad en la placa fabricada una vez que la placa se haya analizado visualmente o mediante cualquier otro ensayo no destructivo.

Estos ensayos se realizarán sobre las placas fabricadas en aluminio, las cuales tendrán unas dimensiones de: **150 x 100 x 4 mm**. Una vez fabricado el molde, la fabricación de las placas de aluminio se llevará a cabo en la instalación disponible en los talleres del Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación de la UPCT. Esta instalación está formada, básicamente, por una máquina de fundición por inyección a presión con cámara fría horizontal, que estará equipada con el molde configurable diseñado en el proyecto, y un horno de fusión del metal, además de una serie de dispositivos y elementos auxiliares necesarios para su funcionamiento. El proceso de fabricación de las placas ya supone un ensayo de las etapas lenta y rápida del llenado del molde.

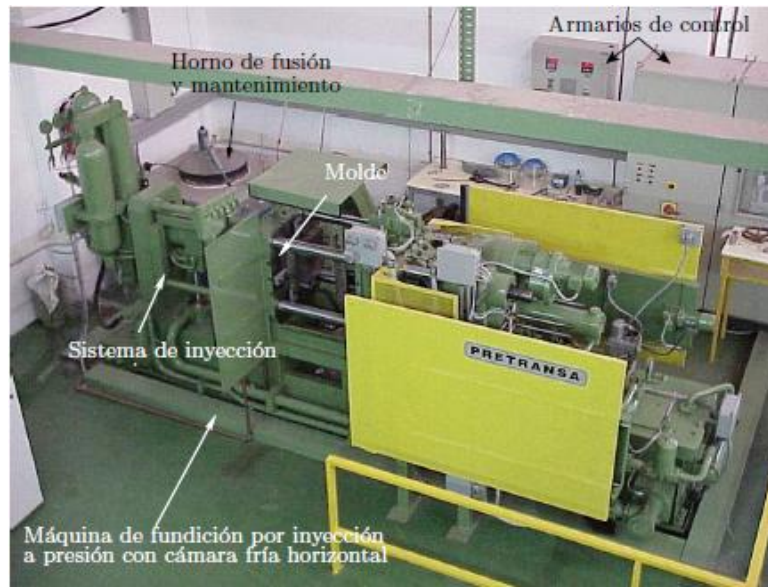


Figura 1.19: Instalación experimental para molde de acero disponible en la UPCT.



Figura 1.20: Horno de fusión disponible en la UPCT.

Uno de los ensayos realizados sobre las placas de aluminio fabricadas es el de fusión al vacío. Al tratarse de un ensayo destructivo, es recomendable realizarse en último lugar, tras los ensayos no destructivos como el de ultrasonidos o rayos X. Este ensayo se lleva a cabo en el sistema de vacío fabricado en la UPCT por el Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación.

El equipo consta de tres sistemas principales: sistema de vacío, sistema de fusión y sistema de control, medida y registro.

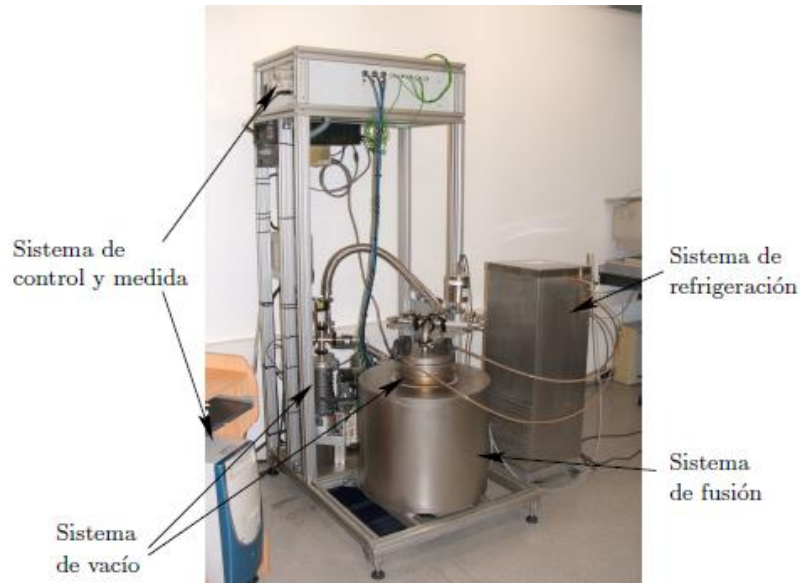


Figura 1.21: Equipo de fusión al vacío disponible en la UPCT.

El nivel de porosidad de las placas fabricadas en los ensayos correspondientes al estudio de la fase de llenado se determina a partir de las imágenes obtenidas mediante las técnicas no destructivas de rayos X y ultrasonidos. La inspección mediante rayos X de las piezas fabricadas y la obtención de las radiografías digitales se encarga a una empresa externa a la UPCT. Por otro lado, la inspección por ultrasonidos de las placas fabricadas se realiza con los equipos de la siguiente figura, instalados en el Departamento.

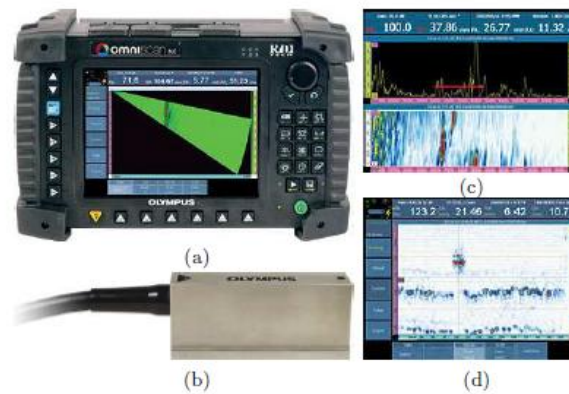


Figura 1.22: a) Equipo de ultrasonidos OmniScan MX PA; b) Palpador de inmersión 10L64-I1 "Phased Array"; c) y d) Representaciones de los ensayos.

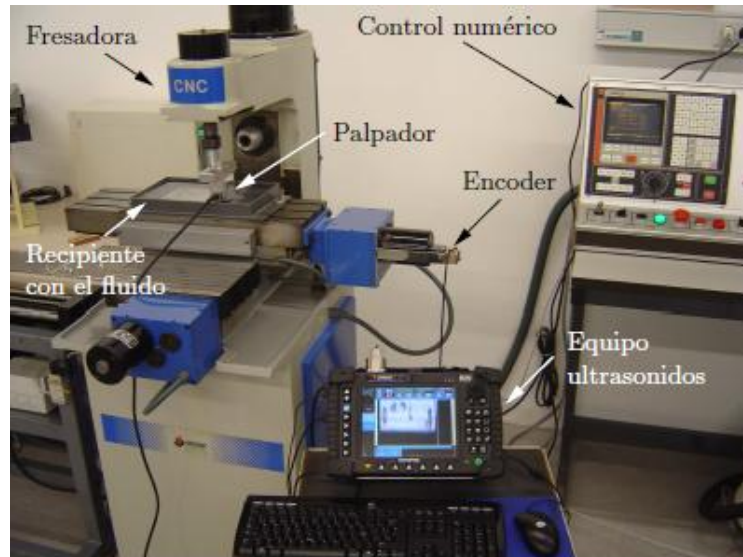


Figura 1.23: Instalación para la inspección por ultrasonidos.

1.6.2. Equipo experimental para ensayos en molde de metacrilato

Los ensayos de visualización del llenado del molde ya han sido realizados en el Departamento de Ingeniería de los Materiales y Fabricación sobre un molde también de metacrilato fabricado con anterioridad. El molde que se ha estado utilizando hasta ahora carece de distintas configuraciones y, por ello, existe el propósito del diseño y fabricación de uno configurable, para extender los experimentos realizados a distintas configuraciones de llenado y de evacuación del aire de la cavidad del molde, incluyendo la posibilidad de llenado en distintos espesores de la cavidad del molde.

Los ensayos realizados con el molde de metacrilato existente hasta la fecha, se han llevado a cabo en una instalación experimental que se encuentra situada en los laboratorios del Departamento de Mecánica de la UNED, en Madrid.



Figura 1.21: Instalación experimental para los ensayos de visualización disponible en la UNED.

El movimiento del pistón a través de un husillo conectado a un motor “Brushless”, el cual está controlado por un sistema CNC que puede ser programado, a través de un PC, para que el pistón siga la ley de movimiento deseada. Para ellos, el sistema incorpora una aplicación informática que permite importar dichos datos generados mediante una hoja de cálculo diseñada a tal efecto.

Todos los experimentos llevados a cabo en este banco de ensayos se realizaron utilizando agua como fluido de trabajo. El registro visual de la inyección se realiza por medio de una cámara de alta velocidad utilizando una frecuencia de captura de 1000 fotogramas por segundo y una velocidad de obturación de 1/1000 s.

1.7. Objetivos del proyecto

Los objetivos principales de este proyecto son el diseño de un molde de acero y una réplica de metacrilato, el postprocesado de los programas de mecanizado y la fabricación de la réplica en metacrilato. Todo ello realizado para obtener moldes que nos permitan la realización de ensayos, tanto en máquina real como ensayos de visualización de llenado, con los que podamos evaluar el inconveniente de la porosidad en la fabricación por fundición.

➔ **Objetivo principal:** Diseño y fabricación de moldes de fundición, uno real de acero y una réplica en metacrilato, que nos permitan la realización de ensayos para evaluar el procedimiento de formación de porosidad en fundición. El molde de acero nos permite, a través de sus distintas configuraciones, evaluar la porosidad mediante ensayos en máquina real. Mientras que el molde fabricado en metacrilato, imita las condiciones reales de llenado de un molde y nos permite trabajar con diferentes configuraciones y realizar el ensayo de visualización para distintas geometrías de llenado y/o evacuación del aire.

Este objetivo con el que se inicia el proyecto, lleva implícitos una serie de objetivos secundarios cuyo cumplimiento es necesario para satisfacer el objetivo principal. Estos objetivos son los siguientes:

- **Manejo y control de software tipo CAD SolidWorks** para el diseño de un primer molde real, para su posterior encargo de fabricación en acero. De esta manera, tendremos la posibilidad de evaluar la porosidad en un molde real que, aunque sea menos configurable, nos da la posibilidad de estudiar las placas obtenidas mediante ultrasonidos o fusión al vacío y comparar estos métodos de evaluación con el ensayo de agua. Esto nos permite tener acceso a los más comunes métodos de evaluación de la porosidad en máquina real.
- **Empleo de la opción “Configuraciones”** para simular las distintas posiciones de los distintos insertos diseñados, para la obtención de las distintas geometrías

de llenado/aireado del molde que se tendrán en la realidad una vez fabricado el molde. Así obtenemos, en un mismo molde, tanto distintas geometrías de llenado como de evacuación del aire de la cavidad del molde.

- Diseño, a través de SolidWorks, de una **réplica de molde** destinada al posterior estudio de visualización de llenado con agua. Este molde incluye distintas geometrías de llenado, intercambiables mediante postizos, así como la posibilidad de activación/desactivación de los vientos que contiene.
- **Manejo y control del software tipo CAM CamWorks**, para la creación de los programas de mecanizado y definición de todas las variables de la futura fabricación del molde réplica diseñado, como son las velocidades de mecanizado, herramientas a utilizar, caminos de herramienta, estrategias de mecanizado, tiempos de mecanizado, etc.
- **Postprocesado** de dichos programas mediante CamWorks y adaptación mediante un programa, programado en Basic, del sistema de ejes de coordenadas particular de la fresadora a utilizar.
- Uso de las **comunicaciones PC-CNC** para el envío de los programas de mecanizado a la máquina fresadora, haciendo uso de un programa específico destinado a dicho propósito.
- **Planificación**, mediante hojas de procesos y planos, de las secuencias de fabricación, utillajes y amarres del molde en la fresadora. Así como la previsión, prevención y posterior solución de los distintos problemas e inconvenientes que puedan surgir durante el amplio proceso de fabricación.
- **Fabricación** en metacrilato de las distintas piezas que conforman el molde réplica diseñado. Para ello será necesario el estudio y control del puesto de mando de la fresadora, realizando para este cometido diversas pruebas de mecanizado. Dicha fabricación se lleva a cabo en el taller de la UPCT situado en el Campus Alfonso XIII.
- **Comprobación** de que los resultados finales coinciden con los diseñados, referidos tanto a su calidad como a precisión dimensional.
- **Acabado y montaje** del molde fabricado, donde se incluye: ajustes dimensionales, pulido de las superficies y realización de los agujeros para la tornillería que se utilizará como unión de las distintas piezas del molde.
- **Puesta a punto** para los futuros ensayos de visualización que se realizarán sobre el molde fabricado para la determinación de la geometría óptima de llenado de entre las distintas opciones que se fabriquen.

CAPÍTULO 2

Diseño asistido por ordenador (CAD). Diseño de moldes con SolidWorks.

El diseño industrial es la disciplina orientada a la creación y al desarrollo de los productos industriales (que pueden ser producidos en serie y a gran escala). Como toda actividad de diseño, se pone en juego la creatividad y la inventiva. Actualmente el diseño industrial es un campo fundamental en áreas tales como la automoción, la juguetería, la industria electrónica o el sector del mueble, entre otras. El diseño forma parte del desarrollo humano. Con la aplicación de nociones del diseño, el hombre ha podido evolucionar y satisfacer sus necesidades. El surgimiento de la industria implicó la aparición de una nueva área de aplicación para el diseño, que se conoce como diseño industrial.

En la actualidad, el diseño industrial es una disciplina en la cual se forma a especialistas en productos electrónicos, metalúrgicos, eléctricos, plásticos e industriales en general. El diseñador industrial adquiere los conocimientos necesarios para producir los artículos industriales de acuerdo a las necesidades del mercado y de la sociedad. Además, con la expansión de las nuevas tecnologías se ha producido la aparición de un amplio número de programas, aplicaciones y software informáticos que tienen como claro objetivo el facilitar las tareas a los diseñadores industriales. Así, de una manera sencilla, eficaz y con resultados muy atractivos tienen la capacidad de plasmar sus proyectos y propuestas de manera digital.

En estos momentos, no obstante, entre los programas informáticos con más presencia dentro del ámbito del diseño industrial están Illustrator, In Design, Corel Printer, Photoshop, Corel Draw, AutoCAD, 3D Max, Solidworks o Form Z, entre otros. Se trata de aplicaciones todas ellas que no sólo permiten lograr propuestas de calidad sino también, por ejemplo, objetos en dos y tres dimensiones para que se pueda conocer de forma más exacta cual sería el resultado final del diseño de cualquier pieza o elemento.

Es importante tener en cuenta que la acción de diseñar requiere tareas investigativas, de análisis, modelados y adaptaciones hasta la producción final del objeto, por lo que el esfuerzo del diseñador siempre debe ser reconocido.

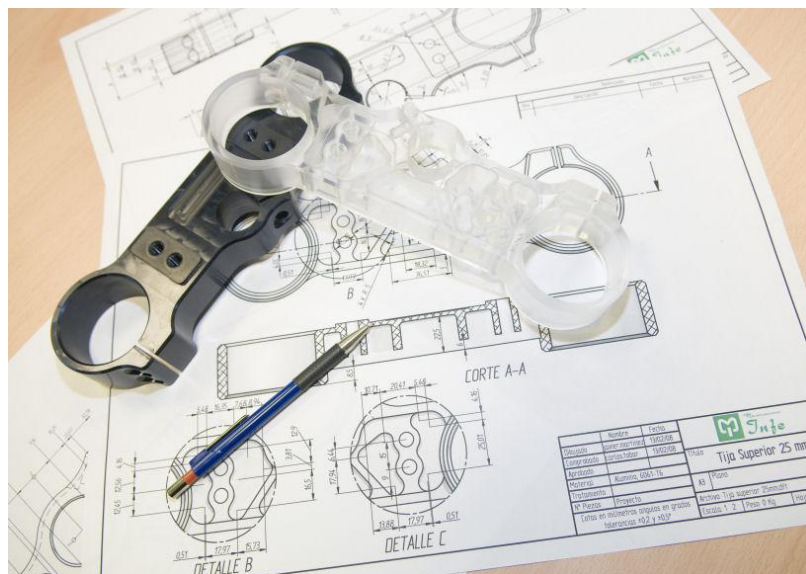


Figura 2.1: Plano de diseño de una pieza y su fabricación en metacrilato y acero.

2.1. Diseño industrial

Al referirnos a la historia del diseño industrial no nos remontamos más allá del año 1800, y más concretamente, se toma como punto germinal la Gran Exposición Internacional de Londres de 1851 (*The Great Exhibition of the Works of Industry of all Nations, 1851*), la primera exposición en donde se presentaron al gran público productos industriales, muchos de los cuales denotaban una falta de armonía entre forma y decoración, lo que provocó un cuestionamiento a la calidad estética de la producción industrial, y consecuentemente surgió como problema la necesidad de ocuparse del diseño de los objetos antes de producirlos.

El tema fue abordado desde diversas ópticas, y a lo largo de los años, hasta comienzos del siglo XX se encontró su solución a través de la disciplina que hoy conocemos como Diseño Industrial.

2.1.1. Evolución histórica del diseño industrial

En el siglo XIX, una serie de críticos y reformadores eminentes, como los británicos John Ruskin o William Morris, encontraron vínculos claros entre los sistemas industriales de fabricación y la pobreza de relaciones entre la sociedad y sus objetos cotidianos, caracterizados por la impersonalidad de las máquinas que los generan. La Gran Exposición celebrada en el Hyde Park londinense en 1851 sirve con frecuencia para ilustrar este debate porque, tal y como se ha comentado anteriormente, presentó una gran variedad de objetos y máquinas de muchos países entre los que predominaban las recreaciones históricas carentes de espíritu, y tan ajenas a la lógica industrial como próximas al decadente gusto burgués.

Entre los reformadores británicos y del resto de Europa se creía cada vez más que el diseño para la industria era una preocupación social fundamental, una cuestión de política nacional y de educación. Esta convicción caracteriza el debate del “diseño para la industria” que tuvo lugar a finales del siglo XIX y principios del XX.

El establecimiento de escuelas de diseño, como la Central School of Arts and Crafts, fundada en 1896, fue uno de los primeros intentos de desarrollar una comprensión crítica de los objetos y la arquitectura. El gobierno alemán fomentó la cooperación entre artistas, fabricantes y vendedores a través del Deutscher Werkbund (Asociación Alemana de Artesanos, fundada en 1907), y uno de los miembros de esta organización, Peter Behrens, puede considerarse uno de los primeros diseñadores industriales propiamente dichos, al colaborar con la empresa alemana AEG. El polémico debate de la Werkbund, que continuó con la escuela de diseño de la Bauhaus (fundada en Weimar en 1919), se centraba en las relaciones entre las sensibilidades artísticas y artesanales, el aprovechamiento de la máquina, el uso de nuevos materiales en arquitectura y el diseño para la producción industrial.



Figura 2.2: Fotografía de la *Central School of Arts and Crafts*.

La pureza formal del movimiento moderno (que se aprecia especialmente en la obra de arquitectos como Le Corbusier o Ludwig Mies van der Rohe) tuvo una importante influencia en la naciente disciplina del diseño industrial. Por otra parte, los países escandinavos, con una gran tradición artesana y una industrialización tardía, demostraron que el diseño industrial (aplicado a muebles, textiles y productos de consumo) podía combinar los ideales modernistas de la producción en serie, la decoración y las formas directas con los factores humanos sutiles, el conocimiento de los materiales y la facilidad de comercialización. El finlandés Alvar Aalto, el sueco Bruno Mathsson y el danés Arne Jacobsen se hicieron famosos por sus diseños funcionales de aspecto sencillo. Durante la década de 1950, el estilo escandinavo tuvo una gran influencia en el diseño industrial internacional.

Uno de los fenómenos más paradigmáticos de la importancia económica del diseño industrial fue el que se produjo en Italia tras la II Guerra Mundial. Allí, un gran número de industrias confiaron su recuperación al apoyo de esta disciplina, vinculada en el país transalpino con la primera generación de críticos al movimiento moderno. Así, empresas como Fiat, Olivetti o Pirelli contaron con las investigaciones formales que introdujeron algunas figuras de la importancia de Gio Ponti, Ettore Sottsass, Giambattista Pininfarina o Achille Castiglioni, que revolucionaron la imagen de los productos industriales y volvieron a situar a Italia entre los países más pujantes del mundo. El ejemplo italiano sirvió de acicate para el diseño español, que alcanzó a mediados de la década de 1980 una relevancia similar a la transalpina, aunque la industria ibérica no pueda competir a la altura de su rival italiano. Compañías como la francesa Citroën, la alemana Braun o la italiana Olivetti adquirieron una reputación envidiable durante la posguerra mundial por el éxito de sus productos, que se debió en

parte a su fe en el diseño. Su trabajo fue reconocido con numerosos premios internacionales de diseño.

En Gran Bretaña y los demás países europeos, la Revolución Industrial probó con claridad el principio de división del trabajo. Sin embargo, fue en Estados Unidos donde Henry Ford revolucionó la producción de vehículos con la introducción y desarrollo de las técnicas de cadena de montaje en el automóvil Ford T de 1908. Estas técnicas se introdujeron rápidamente en otros ámbitos de la industria. La producción en serie exigía ventas masivas, y los fabricantes estadounidenses de la década de 1920 no tardaron en reconocer el potencial del diseño industrial. Aunque en aquel momento ya se estaba desarrollando un mercado para bienes de consumo, las empresas estadounidenses tenían gamas de productos bastante similares entre sí y vendían a precios constantes al tener una capacidad de producción similar.



Figura 2.3: Fotografía de la cadena de montaje del Ford T.

Las presiones adicionales surgidas del hundimiento del mercado bursátil en 1929 aumentaron el deseo de las empresas de obtener ventajas en esos mercados tan competitivos. Las empresas empezaron a aprovechar la experiencia de un grupo de personas con conocimientos de primera mano en el fomento de las ventas de un producto determinado. Entre estas personas figuraban los escaparatistas de los grandes almacenes o los artistas comerciales que dibujaban las ilustraciones de los catálogos de venta por correo. Walter Dorwin Teague, Norman Bel Geddes, Henry Dreyfus y Raymond Loewy comenzaron así sus carreras y establecieron asesorías de diseño industrial de gran éxito en Estados Unidos en las décadas de 1920 y 1930 a partir de la colaboración con grandes grupos empresariales. En aquel periodo se empleó por primera vez el término “diseño industrial” para describir su trabajo, que se centraba en productos de consumo, como automóviles y otros vehículos, neveras, cocinas y una amplia gama de productos domésticos mecánicos o eléctricos.

Las ventajas comerciales no sólo procedían del moderno aspecto estilizado de un producto, sino muchas veces también de mejoras claras en la fabricación o el montaje y de ideas inteligentes sobre el empleo de los aparatos. Los productos de los diseñadores industriales eran con frecuencia más baratos de fabricar y más fáciles de usar que sus predecesores, por lo que se vendían mucho más. Eso hizo que la profesión de diseñador industrial obtuviera un reconocimiento social inmediato. Aquel periodo se asocia muchas veces con el aerodinamismo, que implicaba el uso de los estudios del siglo XIX sobre formas naturales eficientes (como las de aves y peces). Ese movimiento llevó a la aplicación de formas aerodinámicas a los automóviles, trenes y aviones, pero también al diseño estilizado de objetos de consumo estáticos, como tostadoras o grapadoras, como emblema de la modernidad.

2.1.2. Concepto de diseño industrial

La actividad de concepción de la forma de los objetos y la determinación de sus atributos se remonta a los orígenes mismos del ser humano, quien a lo largo de su existencia fue configurando (en el sentido de diseñar) y construyendo los objetos que necesitaba. Estas dos operaciones, la concepción y la construcción, estuvieron, como planteo general, a cargo de la misma persona que simultáneamente configuraba y construía el producto.

Hasta comienzos del siglo XIX, en general, ideación y realización marcharon juntas, el fabricante de objetos (el llamado artesano) concebía un objeto y él mismo lo construía, es decir que era el responsable de todo el proceso productivo.

Con la revolución industrial (1760-1830), que nace en Inglaterra al introducir sistemáticamente la máquina en el proceso de producción, comienza la mecanización del trabajo, es decir el reemplazo del trabajo manual por el trabajo de la máquina, y se instaura un nuevo sistema de producción (la producción industrial) que rompe el esquema vigente. La característica más importante de ese nuevo esquema de producción es **la separación de las tareas de concepción, de las de construcción (fabricación)**.

Con la separación de estas dos actividades se establece una etapa nueva en la división técnica del trabajo. El artesano, y también el artista, generalmente configuran y construyen simultáneamente. En la producción artesanal no se plantea un trabajo de preconcepción sistematizada, mientras que en la producción industrial sí, pues es imposible fabricar industrialmente un objeto sin antes haber definido con precisión sus características, pues es casi impensable introducir modificaciones durante el proceso de producción. Por lo tanto, antes de comenzar la fabricación se deben definir todos los detalles a fin de descartar posibilidades de cambios que puedan complicar el desarrollo del proceso con el correspondiente aumento de costos.

Además, hay que tener en cuenta que en la concepción de objetos no es suficiente resolver problemas funcionales (la función que cumple) y de funcionamiento

(cómo funciona), sino que también hay que armonizar los aspectos funcionales y de funcionamiento con los formales (de la forma), los tecnológicos, los estéticos, los psicológicos, los anatómicos, los fisiológicos, los ergonómicos, etc., de manera tal que el objeto se adapte lo mejor posible a las exigencias de quienes van a usarlo o para el fin que va a usarse.

La preconcepción, etapa previa a la concreción de un producto, es lo que se llama Diseño, actividad en la que se tienen en cuenta todos los aspectos mencionados. Cabe recordar que la palabra diseño abarca no sólo la concepción de objetos, sino en general la de bienes, procesos y servicios.

En nuestro caso particular nos referimos a la concepción de objetos producidos industrialmente, y hablamos de **Diseño Industrial**, una actividad que se ocupa del diseño dentro de un marco estético, pero siempre teniendo en cuenta al hombre como usuario.

La expresión diseño industrial está vinculada a la concepción de objetos para ser producidos por medios industriales y mecánicos (con participación predominante de la máquina y mínima intervención del hombre), lo que permite la repetibilidad del producto, la seriabilidad del mismo. La finalidad del diseño industrial es la producción de objetos que respondan a demandas (necesidades, deseos o aspiraciones) de la sociedad o de la propia actividad industrial.

En el diseño industrial se plantea la necesidad de conciliar los aspectos técnicos y los estéticos. Los factores estéticos están vinculados con la forma, el color, el tratamiento de las superficies, etc., es decir, con todo lo que pone en relación el objeto con los diversos sentidos del hombre, la vista, el tacto, etc. Estos aspectos estéticos cobran su mayor importancia en los objetos destinados a la sociedad. Mientras que en el campo industrial suele dejarse en un segundo lugar, ciñéndose, sobre todo, a las exigencias técnicas y así poder minimizar el coste económico.

Resulta interesante señalar que el término "**Diseño Industrial**" comenzó a utilizarse en los años 30, y se generalizó después de la Segunda Guerra Mundial.

El campo del diseño industrial sintetiza conocimientos, métodos, técnicas, creatividad, y tiene como meta la concepción de objetos de producción industrial, atendiendo sus funciones, sus cualidades estructurales y formales (estético-simbólicas), así como todos los valores y aspectos que hacen a su producción, comercialización y utilización, teniendo en cuenta al ser humano como usuario.

En el diseño industrial se manejan fundamentalmente tres conceptos: **la forma, la función y la tecnología**, dentro del marco que fijan los factores económicos y socioculturales.

La función (ligada a la existencia misma del objeto) y la tecnología ejercen una influencia determinante en la génesis de la forma. En el concepto de tecnología está implícito tanto el proceso constructivo como el(los) material(es). Normalmente el material sugiere y posibilita la forma, que por otro lado depende también de los requerimientos que plantea el uso.

2.2. Diseño asistido por ordenador

En la historia del CAD, se pueden encontrar precursores de estas técnicas en dibujos de antiguas civilizaciones como las de Egipto, Grecia o Roma. Los trabajos de Leonardo da Vinci muestran técnicas CAD actuales como el uso de perspectivas. Sin embargo, el desarrollo de estas técnicas está ligado a la evolución de los ordenadores que se produce a partir de los años 50.

Hace tan sólo 40 años, casi todos los dibujos se ejecutaban utilizando lápiz y papel. Cuando se precisaba realizar cambios, era necesario borrar y volver a dibujar. Si el cambio era importante, se repetía el dibujo por completo. Si un cambio afectaba a otros documentos (planos de montaje, planos de conjunto, etc.) se tenía que buscar a mano en cada uno de ellos y modificarlos.

El diseño asistido por ordenador (Computer Aided Design – CAD) ha modificado este método de trabajo, mejorando la forma en que se llevan a cabo las tareas de diseño. Siendo originalmente una herramienta de dibujo 2D, ha evolucionado en el tiempo pasando por la fase intermedia de 2,5D, hasta la fase 3D y la realidad virtual.

2.2.1. Evolución histórica del diseño asistido por ordenador (CAD)

A principios de la década de 1950 aparece la primera pantalla gráfica en el MIT (*Instituto Tecnológico de Massachusetts*) capaz de representar dibujos simples de forma no interactiva. En esta época y también en el MIT se desarrolla el concepto de programación de control numérico. A mediados de esta década aparece el lápiz óptico que supone el inicio de los gráficos interactivos. En el cierre de la década, aparecen las primeras máquinas herramienta y General Motors comienza a usar técnicas basadas en el uso interactivo de gráficos para sus diseños.

La década de los 60 representa un periodo crucial para el desarrollo de los gráficos por ordenador. Aparece el término **CAD** y varios grupos de investigación dedican gran esfuerzo a estas técnicas. Fruto de este esfuerzo es la aparición de unos pocos sistemas de CAD, cada compañía desarrolla su propio y peculiar sistema. Un hecho determinante de esta década es la aparición de las primeras pantallas de ordenador. En 1962, Ivan Sutherland desarrolla el sistema Sketchpad basado en su

propia tesis doctoral “A Machines Graphics Communications System”. Con ello establece las bases que conocemos hoy en día sobre los gráficos interactivos por ordenador. Sutherland propuso la idea de utilizar un teclado y un lápiz óptico para seleccionar situar y dibujar conjuntamente con una imagen representada en la pantalla. Un año después, en 1963, causa un gran revuelo la implementación en universidades del sistema Sketchpad. Lo más interesante fue la demostración de que el ordenador era capaz de calcular que líneas eran las que definían la parte observable del objeto a la par que eliminaba de la pantalla el resto. Las líneas ocultas eran almacenadas en la memoria del ordenador, en la base de datos, y volvían a aparecer cuando se colocaba el cuerpo en una posición diferente respecto al observador. Las limitaciones del sistema procedían más de la capacidad del ordenador que del principio conceptual como tal.

Será en la década de los 70 cuando se consoliden las investigaciones de los periodos anteriores y la industria se percate del potencial uso de estas técnicas. Esto lanza definitivamente la implantación y el uso de estos sistemas, limitada por la capacidad de los ordenadores de esta época. Aparecen los primeros sistemas 3D (prototipos), sistemas de modelado de elementos finitos, control numérico, etc. Hechos relevantes de esta época son, entre otros, la celebración del primer SIGGRAPH (*Special Interest Group on GRAPHics and Interactive Techniques*) y la aparición de IGES (*Initial Graphics Exchange Specification*). En 1975 Textronic desarrolla la primera pantalla de 19 pulgadas, así como también el primer sistema CAD/CAM de la mano de AMD (Avion Marcel Dassault), siendo Lockheed la primera empresa en adquirirlo.

En la década de los 80 se generaliza el uso de las técnicas CAD/CAM propiciada por los avances en hardware y la aparición de aplicaciones en 3D capaces de manejar superficies complejas y modelado sólido. Aparecen multitud de aplicaciones en todos los campos de la industria que usan técnicas CAD/CAM, y se empieza a hablar de realidad virtual. Un dato relevante es que en 1982 John Walker funda Autodesk junto a otros 12 fundadores. Compuesto por 70 personas, querían producir un programa CAD para PC con un coste inferior a los 1000 US\$. En el Comdex de Noviembre de Las Vegas se presenta el primer AutoCAD.

Por último, la década de los 90 se caracteriza por una automatización cada vez más completa de los procesos industriales en los que se va generalizando la integración de las diversas técnicas de diseño, análisis, simulación y fabricación. La evolución del hardware y las comunicaciones hacen posible que la aplicación de técnicas CAD/CAM esté limitada tan solo por la imaginación de los usuarios. En la actualidad, el uso de estas técnicas ha dejado de ser una opción dentro del ámbito industrial para convertirse, fundamentalmente, en la única opción de diseño existente. Podemos afirmar por tanto que el CAD/CAM es una tecnología de supervivencia. Solo aquellas empresas que lo usan de forma eficiente son capaces de mantenerse en un mercado cada vez más competitivo.

2.2.2. Características del diseño asistido por ordenador (CAD)

El diseño asistido por ordenador (*CAD – Computer Aided Desing*) es una técnica que puede definirse como "el proceso de automatización del diseño que emplea técnicas de gráficos informáticos junto con programas de cálculo y documentación del producto".

Estos sistemas se fundamentan en una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc.) con la que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Permite diseñar en dos o tres dimensiones mediante multitud de geometrías. La base de datos asocia a cada entidad una serie de propiedades como color, capa, estilo de línea, nombre, definición geométrica, etc., que permiten manejar la información de forma lógica. Además pueden asociarse a las entidades o conjuntos de éstas, otro tipo de propiedades como el coste, material, etc., que permiten enlazar el CAD a los sistemas de gestión y producción. De los modelos pueden obtenerse planos con cotas y anotaciones para generar la documentación técnica.

Los fundamentos de los sistemas de diseño asistidos por ordenador son muy amplios, abarcando múltiples y diversas disciplinas, entre las que cabe destacar las siguientes:

- **Modelado geométrico:** se ocupa del estudio de métodos de representación de entidades geométricas. Existen tres tipos de modelos: alámbricos, de superficies y sólidos, y su uso depende del objeto a modelar y la finalidad para la que se construya el modelo. Se utilizan modelos alámbricos para modelar perfiles, trayectorias, redes u objetos que no requieran disponibilidad de propiedades físicas (áreas, volúmenes, masa). Los modelos de superficie se utilizan para modelar objetos como carrocerías, fuselajes, zapatos, personajes, donde la parte fundamental del objeto que se está modelando es el exterior del mismo. Los modelos sólidos son los que más información contienen y se usan para modelar piezas mecánicas, envases, moldes y, en general, objetos en los que es necesario disponer de información relativa a propiedades físicas como masas, volúmenes, centro de gravedad, momentos de inercia, etc.
- **Técnicas de visualización:** son esenciales para la generación de imágenes del modelo. Los algoritmos usados dependerán del tipo de modelo, abarcando desde simples técnicas de dibujo 2D para el esquema de un circuito eléctrico, hasta la visualización realista usando trazado de rayos o radiosidad para el estudio de la iluminación de un edificio. Es habitual utilizar técnicas específicas para la generación de documentación dependiente de la aplicación, como por ejemplo, curvas de nivel, secciones o representación de funciones sobre sólidos o superficies.
- **Técnicas de interacción gráfica:** son el soporte de la entrada de información geométrica del sistema de diseño. Entre ellas, las técnicas de posicionamiento se utilizan para la introducción de coordenadas 2D o 3D. Las técnicas de selección

permiten la identificación interactiva de un componente del modelo, siendo por tanto esenciales para la edición del mismo.

- **Interfaz de usuario:** es uno de los aspectos más importantes de una aplicación CAD, ya que de él depende en gran medida la eficiencia de la herramienta.
- **Base de datos:** es el soporte para almacenar toda la información del modelo, desde los datos de diseño, los resultados de los análisis que se realicen y la información de fabricación. El diseño de las bases de datos para este tipo de sistemas plantea una serie de problemas específicos por la naturaleza de la información que deben soportar.
- **Métodos numéricos:** son la base de los métodos de cálculo empleados para realizar las aplicaciones de análisis y simulación típicas de los sistemas de CAD/CAM.
- **Conceptos de comunicaciones:** necesarios para interconectar todos los sistemas, dispositivos y máquinas de un sistema.

Los sistemas CAD pueden clasificarse de varias maneras, siendo una de ellas la que realizamos en función de los parámetros que emplea el sistema. De esta manera se distinguen dos grupos de sistemas CAD:

- **CAD analítico:** usa procedimientos analíticos para definir sus límites o acciones. Los programas del tipo CAD analítico surgieron después de los primeros métodos gráficos por la necesidad de cuantificar y permitir evaluar los resultados de las variables que involucra el diseño industrial. En este tipo de CADs el dibujo o trazado permanece en la memoria del ordenador como una serie de relaciones de puntos y coordenadas, sentido y dirección en programas vectoriales o como un grupo de píxeles, en programas de renderizado y tratamiento de imágenes. Cada elemento del dibujo o trazado es definido por sus coordenadas espaciales (x, y, z) mediante el uso de complejos procedimientos analíticos matemáticos (cálculo vectorial, integral, diferencial, algebraico), en los cuales toda información se maneja de forma lógica-analítica.
- **CAD paramétrico:** usa parámetros para definir sus límites o acciones. Un programa paramétrico de CAD difiere, básicamente, de cualquier otro tradicional en un aspecto clave: la información visual es parte de la información disponible en el banco de datos, o sea, una representación de la información como un objeto, en la memoria del ordenador. Cada elemento del dibujo es tratado como un “objeto”, que no es definido únicamente por sus coordenadas espaciales, sino también por sus parámetros, pudiendo ser estos gráficos o funcionales. Como estas bases de datos pueden incluir informaciones económicas y financieras, se les conoce como 5D, ya que existen las 3 dimensiones espaciales, la cuarta sería el tiempo y la quinta incluiría los costes.

En la actualidad el CAD paramétrico ha sustituido, casi por completo, a las técnicas clásicas de diseño en tres dimensiones mediante el modelado de sólidos y

superficies, y se ha convertido en un conocimiento imprescindible para cualquier profesional de la ingeniería.

La introducción del ordenador dentro del proceso constructivo ha contribuido a mejorar notablemente la fase de diseño. Se han reducido los costes y tiempos de diseño, y también ha disminuido el tiempo de respuesta ante los cambios de producción. Pero manejar un sistema CAD no es tan solo dominar un conjunto de instrucciones de un programa informático, sino que exige también el conocimiento del proceso de diseño y de las tareas que conlleva. Es el conocimiento del proceso de diseño y del sistema de CAD, lo que nos proporciona el método de trabajo más eficiente.

Así, algunas de las numerosas ventajas que supone la utilización de un programa de diseño asistido por ordenador son las siguientes:

- ✓ Es posible utilizar librerías de elementos comunes.
- ✓ Se elimina la distinción entre plano original y copia.
- ✓ El almacenamiento de los planos es más reducido, fiable (tomando ciertas medidas de seguridad) y permite realizar búsquedas rápidas y precisas mediante bases de datos.
- ✓ Aumenta la uniformidad en los planos.
- ✓ La calidad de los planos es mayor. No hay tachones, ni líneas más gruesas que otras.
- ✓ El tiempo invertido en las modificaciones se reduce enormemente.
- ✓ Reducción del tiempo empleado en operaciones repetitivas. Por ejemplo en los sombreados.
- ✓ Los datos pueden exportarse a otros programas para obtener cálculos, realizar informes, presentaciones...
- ✓ Se puede obtener un modelo en 3D para visualizarlo desde cualquier punto de vista.
- ✓ Pueden exportarse los datos a programas de CAE, CAM y a máquinas de CNC.
- ✓ Obtener simulaciones, animaciones y hacer análisis cinemáticos.
- ✓ Facilitan el trabajo en equipo.

2.3. CAD mecánico. SolidWorks

El Diseño Asistido por Ordenador (*Computer Aided Design, CAD*), y en particular aquel orientado al Diseño Mecánico 3D, es una herramienta esencial en el ciclo de vida de los productos industriales. No se trata sólo de una herramienta de diseño, sino también de transmisión de información (mediante modelos digitales 3D y planos 2D) entre equipos de trabajo, clientes y proveedores. Además, en la mayor parte de los productos, el CAD Mecánico 3D es una tecnología necesaria para la introducción de otras herramientas de diseño y fabricación, como la simulación numérica y el CAM. En resumen, el CAD Mecánico 3D es una tecnología que permite mejorar la

productividad y competitividad de las empresas dedicadas al diseño y fabricación de productos industriales.

Dentro del CAD mecánico, tenemos multitud de software para realizar nuestros diseños. En el caso particular de este proyecto, el diseño se ha llevado a cabo con el software de diseño asistido por ordenador SolidWorks en su versión 2012. Esta elección se debe a que la familiarización con el programa ya se había realizado anteriormente en la asignatura optativa de Fabricación Asistida por Ordenador. De esta manera hemos podido ahorrar tiempo de aprendizaje para el manejo de las funciones básicas y hemos podido profundizar aún más en las funciones más relevantes para nuestro propósito.

2.3.1. Introducción a SolidWorks

SolidWorks es un programa de diseño mecánico en 3D que utiliza un entorno gráfico basado en Microsoft Windows, intuitivo y fácil de manejar. Su filosofía de trabajo permite plasmar sus ideas de forma rápida sin necesidad de realizar operaciones complejas y lentas.

Es una solución de diseño tridimensional completa que integra un gran número de funciones avanzadas para facilitar el modelado piezas, crear grandes ensamblajes, generar planos y otras funcionalidades que le permiten validar, gestionar y comunicar proyectos de forma rápida, precisa y fiable. SolidWorks se caracteriza por su entorno intuitivo y por disponer de herramientas de diseño fáciles de utilizar. Todo integrado en un único programa de diseño con más de 45 aplicaciones complementarias para facilitar el desarrollo de sus proyectos.

Las principales características que hace de SolidWorks una herramienta versátil y precisa es su capacidad de ser asociativo, variacional y paramétrico de forma bidireccional con todas sus aplicaciones. Además utiliza el Gestor de diseño (FeatureManager) que facilita enormemente la modificación rápida de operaciones tridimensionales y de croquis de operación sin tener que rehacer los diseños ya plasmados en el resto de sus documentos asociados.

Junto con las herramientas de diseño de Pieza, Ensamblajes y Dibujo, SolidWorks incluye Herramientas de Productividad, de Gestión de Proyectos, de Presentación y de Análisis y Simulación que lo hacen uno de los estándares de diseño mecánico más competitivo del mercado. En nuestro caso únicamente hemos utilizado las herramientas de pieza, ensamblajes y dibujo, siendo vital para la realización del proyecto la utilización de los ensamblajes en el diseño de los moldes.

2.3.2. Características de SolidWorks

La definición de *parámetros clave*, la *Asociatividad*, las *Funciones geométricas inteligentes* y el *Gestor de diseño*, son las principales características de SolidWorks:

Definición de parámetros clave

Los parámetros clave son las dimensiones (cotas) y las Relaciones Geométricas que definen un modelo tridimensional. Solidworks asocia a cada una de las cotas un croquis así como a las operaciones tridimensionales un nombre que permite modificarla en cualquier momento y su actualización en el resto de documentos asociados.

Asociatividad

SolidWorks contiene tres módulos: Pieza, Ensamblaje y Dibujo. La creación de un documento en cada uno de ellos genera un fichero con distinta extensión. Los documentos, aunque no pueda observarse, están asociados y vinculados entre ellos.

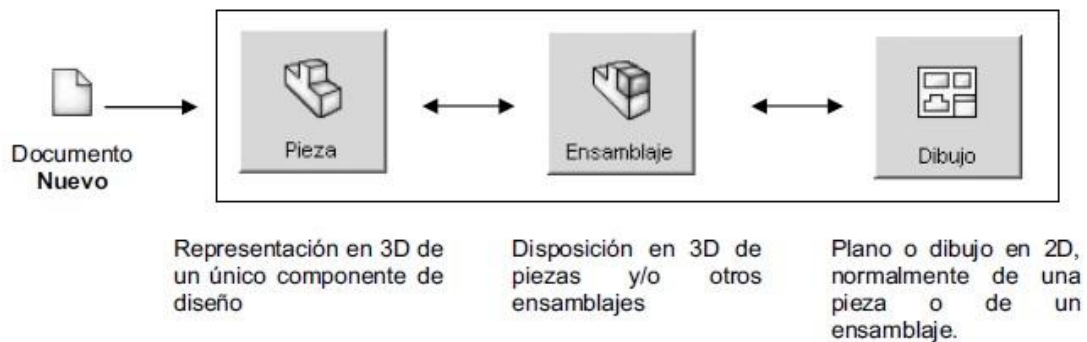


Figura 2.4: Módulos existentes en SolidWorks.

Para realizar un conjunto o ensamblaje se debe diseñar cada una de las piezas que lo conforman y guardar como ficheros de pieza distintos (cada uno con un nombre). El módulo de ensamblaje permite insertar cada una de las piezas y asignar relaciones geométricas de posición para definir tridimensionalmente el ensamblaje. Finalmente, puede obtener los planos las piezas o del propio ensamblaje de forma automática.

De esta manera en el diseño de los moldes del proyecto se ha procedido en el orden indicado. En primer lugar se diseñaron las distintas piezas que conforman el molde, en segundo lugar se unen formando el ensamblaje que supone el molde y por último, se extraen los planos de las piezas por separado y/o los ensamblajes creados.

Cuando se dice que SolidWorks es asociativo quiere decir que todos los documentos (Pieza, Ensamblaje o Plano) están vinculados y que la modificación de un fichero de pieza modifica el ensamblaje y los planos asociados de forma automática, sin la participación del usuario (únicamente requiere la confirmación del usuario). Los ficheros se actualizan aunque se encuentren cerrados.

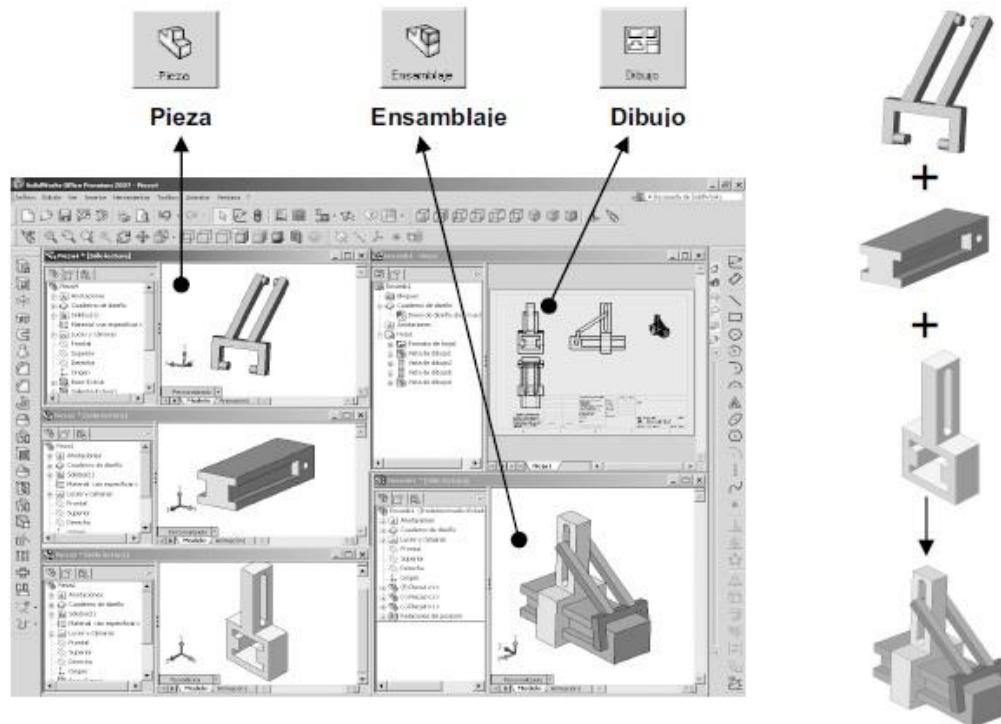


Figura 2.5: Módulos existentes en SolidWorks.

Funciones Geométricas Inteligentes

La creación de Taladros, Chaflanes, Redondeos, Vaciados o la creación de Nervios entre otras operaciones, son creadas de forma rápida, ágil e intuitiva. En muchas operaciones el proceso de definición está guiado y puede previsualizar la operación antes de su aceptación definitiva. Esta herramienta es bastante útil a la hora de realizar nuevas operaciones y proporciona un considerable ahorro de tiempo en pruebas y evitar tener que estar deshaciendo los cambios realizados.

Gestor de diseño

También es conocido como árbol de operaciones o FeatureManager. En él se incluyen de forma histórica todas las operaciones que han sido necesarias efectuar para conformar la pieza durante su diseño. Las operaciones recientes se encuentran al final del árbol mientras que las más antiguas son las primeras en aparecer.

El Gestor de Diseño permite visualizar/ocultar operaciones, suprimirlas o eliminarlas, cambiar el color y, lo que es más importante, modificar sus parámetros de definición. Puede establecer nuevas relaciones de posición geométrica o modificar la dimensión de una cota de croquis u operación.

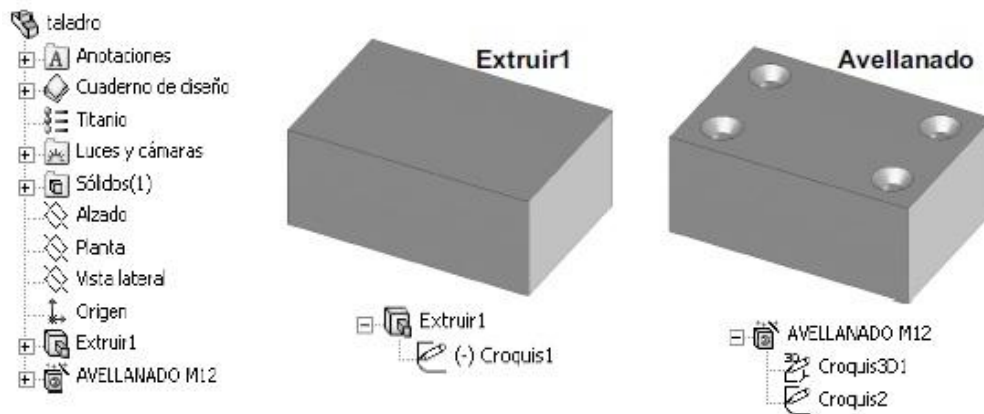


Figura 2.6: Gestor de diseño de SolidWorks.

2.3.3. Módulos de SolidWorks

SolidWorks contiene tres módulos: Pieza, Ensamblaje y Dibujo. En cada uno de ellos se disponen de múltiples herramientas de productividad, comunicación y análisis-simulación.

Pieza

El módulo de Pieza constituye un entorno de trabajo dónde se puede diseñar modelos mediante el empleo de herramientas de diseño de operaciones ágiles e intuitivas. Su facilidad de uso se debe al empleo de un entorno basado en Microsoft Windows y en el uso de funciones clásicas como arrastrar y colocar, cortar y pegar o marcar y hacer *clic* con el ratón.

El conjunto de funciones e iconos permiten crear modelos tridimensionales (3D) partiendo de geometrías de croquis (2D) y obtener sólidos, superficies, estructuras metálicas, piezas de chapa, piezas multicuerpo, etc.

Los modelos creados se gestionan mediante el Gestor de Diseño dónde se incluyen todas las operaciones 3D y 2D utilizadas en la obtención de la pieza. Puede modificar operaciones sin necesidad de eliminar y volverlas a crear.

Este módulo está totalmente integrado con el resto de módulos y funcionalidades de forma que cualquier cambio en su modelo 3D se actualiza en el resto de ficheros asociados (ensamblajes, dibujo, etc.) de forma bidireccional.

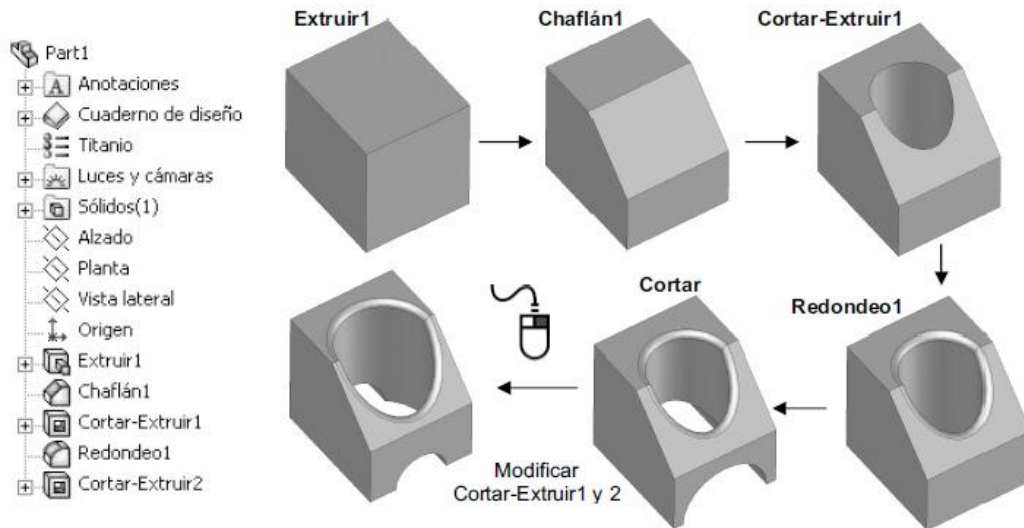


Figura 2.7: Ejemplo de operaciones en el Módulo Pieza de SolidWorks.

Ensamblaje

El módulo de Ensamblaje está formado por un entorno de trabajo preparado para crear conjuntos o ensamblajes mediante la inserción de los modelos 3D creados en el módulo de Pieza. Los ensamblajes se definen por el establecimiento de relaciones geométricas entre las piezas integrantes.

La creación de ensamblajes permite analizar las posibles interferencias o choques entre los componentes móviles insertados así como simular el conjunto mediante motores lineales, rotativos, resortes y gravedad y evaluar la correcta cinemática del conjunto.

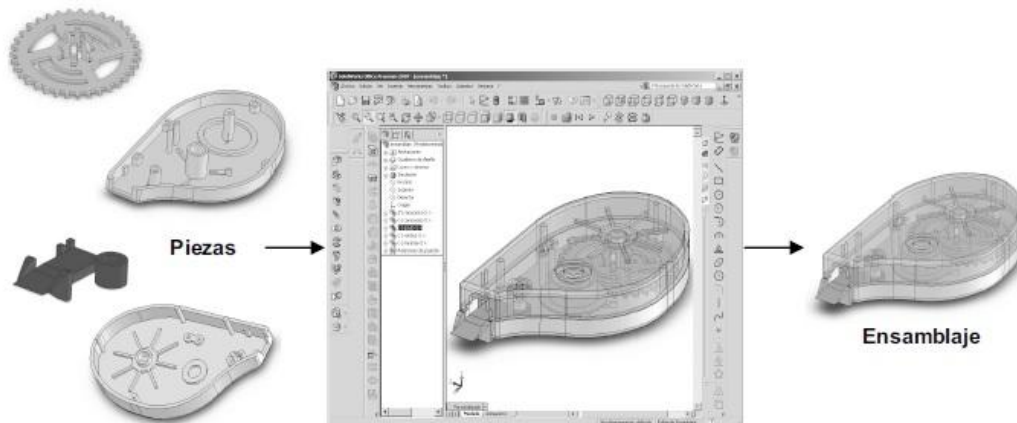


Figura 2.8: Ejemplo del Módulo Ensamblaje de SolidWorks.

Cabe destacar la presencia, en este módulo, de la herramienta **Configuraciones**, la cual nos permite tener dentro de un mismo ensamblaje, distintas configuraciones de las piezas que lo componen mediante las relaciones de posición correspondientes. De esta manera, en un único archivo puedes activar o desactivar las piezas que te

convengan para crear multitud de configuraciones de dicho ensamblaje. Así, con un solo clic puedes visualizar las distintas opciones de ensamblaje de las piezas que hemos definido.

Esta herramienta ha sido de mucha utilidad, ya que nuestro proyecto se basa en diseñar varias opciones para el mismo molde, es decir, combinar las piezas de manera que podamos trabajar con el molde con distintas geometrías del canal de colada o de evacuación del aire, por ejemplo. Así una vez completada la fase de diseño, solo nos queda visualizar todas las opciones de ensamblaje de nuestro molde y seleccionar aquellas piezas que vamos a fabricar para poder conseguir aquellas configuraciones que más se ajusten a nuestros objetivos de ensayos.

SolidWorks permite crear una familia de piezas con diferentes configuraciones mediante la creación de una hoja de cálculo en Microsoft Excel y su vinculación a SolidWorks.

Plano o dibujo

Es el tercer módulo integrado en SolidWorks y nos permite crear planos con las vistas de los modelos o ensamblajes de forma automática y en muy poco tiempo. La obtención de las vistas, alzado, planta y perfil requiere únicamente pulsar sobre un icono o arrastrar la pieza 3D desde su ventana hasta la ventana del dibujo.

El módulo de Dibujo permite obtener proyecciones ortogonales (Vistas Estándar), Secciones y Cortes, Perspectivas, Acotación, Lista de materiales, Vistas Explosionadas, entre otras muchas funciones. Los documentos de dibujo están totalmente asociados a las piezas y ensamblajes de forma que cualquier cambio en ellas se actualizan en tiempo real en sus planos, sin tener que modificarlos de forma manual.

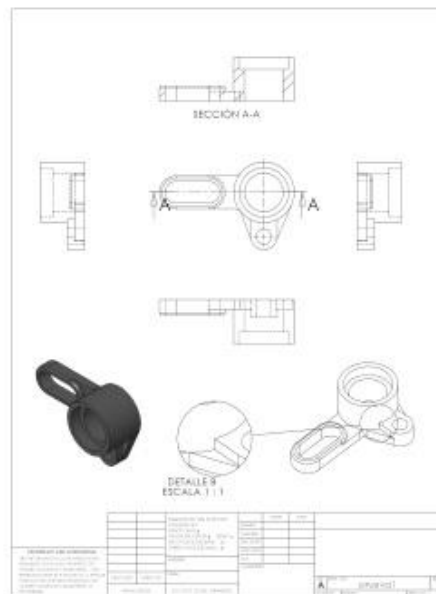


Figura 2.9: Ejemplo del Módulo Dibujo de SolidWorks.

Estas características y módulos que hemos descrito son los que se han empleado para la realización del proyecto. Además, SolidWorks cuenta con otra gran cantidad de aplicaciones que se aplican según el campo de trabajo en que se utilice el programa. Las más destacadas pueden ser:

- Simulación y movimiento.
- Análisis de interferencia.
- Creación de superficies.
- CosmosXpress.
- Lista de materiales.
- Chapa metálica.
- Etc.

Cabe mencionar que uno de los módulos que ofrece SolidWorks está destinado al diseño de molde. Este módulo de moldes contiene un conjunto de herramientas que permiten obtener la cavidad de un molde de inyección a partir de una pieza en 3D. Además incluye funciones como el análisis del ángulo de salida, creación de la línea de partición o creación automática de la cavidad, entre otras.

Para el diseño de nuestro molde no se ha podido emplear este módulo debido a que la Universidad no posee la licencia de uso y, además, su utilización habría limitado la principal característica de los moldes a diseñar, su capacidad de utilizar distintas configuraciones mediante el uso de postizos intercambiables.

Aún así, el diseño del molde de acero, se ha llevado a cabo según la normativa vigente asociada al diseño de moldes.

2.4. Diseño del molde de acero mediante SolidWorks

El primer diseño del proyecto consiste en un molde de acero para fabricar placas de aluminio, cuya fabricación será encargada a una empresa externa a la universidad. La fabricación de este molde en el taller de la UPCT no es viable debido a la falta de medios, tanto técnicos como económicos, que hace que sea mucho más didáctica y recomendable la fabricación, por nuestra parte, del molde en metacrilato, el cual requiere unas medidas de seguridad no tan severas como en el caso del acero y además se trata de un material más ligero y con mayor flexibilidad a la hora de la fabricación.

El hecho de diseñar un molde de acero para su posterior fabricación se debe a la conveniencia de tener un molde de condiciones reales, que nos posibilite realizar aquellos ensayos que, por otro lado, no son viables y/o fiables en el caso del molde de metacrilato. Como se expone en el primer capítulo del proyecto, son muchos los ensayos que se pueden realizar para la evaluación de la porosidad en la fundición de metales, sin embargo, las placas de aluminio que se podrán fabricar con el molde de acero serán ensayadas mediante ultrasonidos, rayos X y fusión al vacío.

Por tanto, diseñar un molde de acero, aunque sea menos configurable, nos permite realizar ensayos en máquina real y ver las diferencias con el ensayo de llenado con agua que se realizaría en un futuro en el molde de metacrilato. Los ensayos se realizarán sobre las placas fabricadas en aluminio, las cuales tendrán unas dimensiones de: **150 x 100 x 4 mm**.

	Material	Tratamiento
Molde (parte fija)	ORVAR -2 UDDELHOM	Templado Revenido 44-46 HRc
Molde (parte móvil)	ORVAR -2 UDDELHOM	Templado Revenido 44-46 HRc
Placa expulsos	F-111	Templado Revenido 44-46 HRc
Casquillos	F-174	Templado Revenido HRc 36 Nitrurar HVi 1000-1100, Esp. 0,2
Postizos	ORVAR -2 UDDELHOM	Templado Revenido 44-46 HRc
Guías y pernos	F-523	Templado Revenido 56-60 HRc

Figura 2.10: Materiales para la construcción del molde.

2.4.1. Tolerancias y sistemas de ajustes

El sistema de tolerancias garantiza que se pueda obtener una pieza correcta y con las medidas adecuadas. En los controles de calidad de muchos productos, se utilizan dichas tolerancias. Cuanto más estricta sea la tolerancia, más exigencia a la hora de realizar el producto y, por tanto, más costosa será su fabricación.

Las tolerancias están reguladas por diferentes normas UNE: las tolerancias de medida, UNE 1120:1996 equivalente a la norma ISO 406:1987. Las tolerancias lineales (distancias entre dos puntos), UNE 1149:1990 equivalente a la norma ISO 8015:1985.

Las desviaciones de medida nominal, límites máximos y mínimos de variación de la tolerancia, deben expresarse con el mismo número de decimales, excepto cuando una de ellas sea cero. Las distintas opciones de indicación de la tolerancia de una magnitud en un dibujo técnico se muestran en la siguiente imagen.

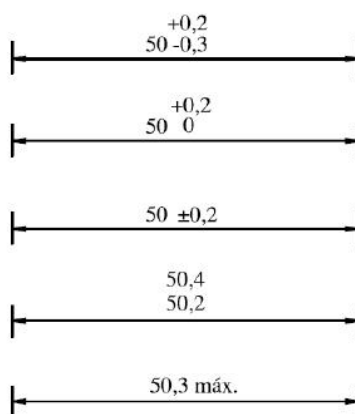


Figura 2.11: Tipos de cota para tolerancias dimensionales.

El grado de calidad de la tolerancia (IT) está directamente relacionado con la calidad del acabado de la pieza fabricada. La norma UNE-EN 20286:1996 que equivale a la norma ISO 286:1988 recoge un conjunto de 18 niveles de calidad, de forma que el acabado disminuye cuando aumenta el número de la tolerancia. En nuestro diseño del molde de acero, el grado de calidad en los ajustes de las piezas es de IT 7.

Grupos de diámetros (mm.)	CALIDADES																	
	IT 01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16
$d \leq 3$	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
$3 < d \leq 6$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
$6 < d \leq 10$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
$10 < d \leq 18$	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
$18 < d \leq 30$	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
$30 < d \leq 50$	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
$50 < d \leq 80$	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
$80 < d \leq 120$	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
$120 < d \leq 180$	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
$180 < d \leq 250$	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
$250 < d \leq 315$	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
$315 < d \leq 400$	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
$400 < d \leq 500$	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000
Ultraprecisión		Calibre y piezas de gran precisión				Piezas o elementos destinados a ajustar								Piezas o elementos que no han de ajustar				

Figura 2.12: Calidades de tolerancias según ISO.

La norma ISO también regula las diferentes posiciones de la zona de tolerancia respecto a la línea cero. Las letras minúsculas corresponden a los ejes y las mayúsculas a los agujeros. En total existen 28 situaciones diferentes, siendo el paso de las letras h a j, o H a J, el que marca el uso de las diferencias superiores o inferiores para situar la zona de la tolerancia. Para el ajuste de los postizos con la parte móvil del molde, se ha definido una posición de ajuste de agujero único (H), tal y como se indica en los planos del proyecto.

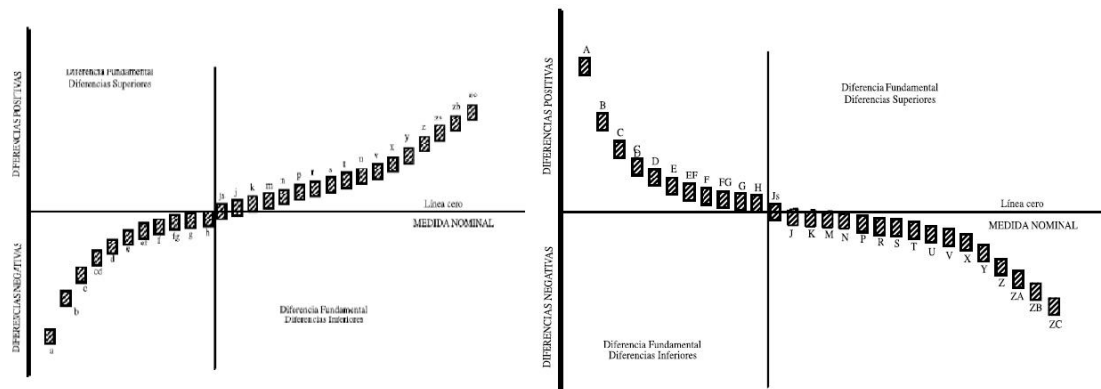


Figura 2.13: Posiciones de tolerancia para ejes y agujeros.

Para terminar el apartado de la normativa, cabe destacar que para el diseño del molde de acero ya tenemos un precedente en el molde de acero que se diseñó y fabricó anteriormente para el Departamento. De esta manera, los diámetros, amarres, expulsores, guías de cierre y demás elementos que componen el molde de este proyecto, se han diseñado con las mismas condiciones y tolerancias que el anterior molde fabricado, es decir, según la norma pertinente. Así, nos aseguramos que cumplimos con la normativa que se aplicó en su momento para el diseño y fabricación del molde de acero que se encuentra actualmente en el Departamento.

Las tolerancias y tratamientos superficiales con los que deberá fabricarse el molde de acero diseñado vienen indicados en los planos del proyecto, los cuales se han realizado tomando como referencia los planos de fabricación del molde de acero fabricado con anterioridad. De esta manera, ambos moldes tendrán las mismas tolerancias y cumplirán de igual manera la norma.

2.4.2. Idea general. Configuraciones del molde

Como se ha indicado anteriormente, el molde de acero no nos da tanta libertad de configuración de sus piezas como la que nos proporciona, por ejemplo, el metacrilato. Por tanto, en este caso, las distintas configuraciones de nuestro molde se basan en la posición y longitud del llenado y en la posible “activación” y “desactivación” de los tres vientos que componen el sistema de evacuación del aire de la cavidad del molde.

De esta manera, se muestran a continuación las cuatro configuraciones según la posición y longitud del llenado de la cavidad del molde:

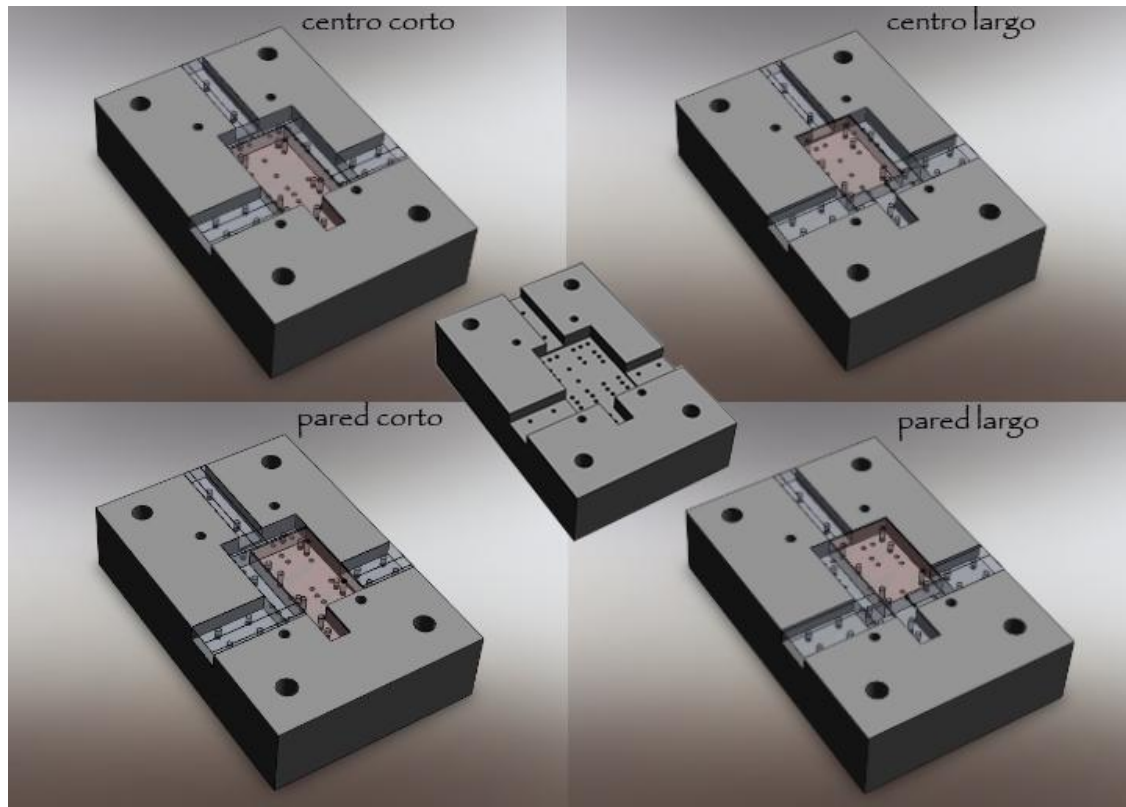


Figura 2.14: Configuraciones del diseño del molde de acero.

A continuación se detalla la cavidad del molde y los postizos presentes en cada una de las configuraciones anteriores, donde puede observarse la posición de los postizos y de los vientos, los cuales pueden modificar dicha posición para pasar de una a otra configuración según se requiera. De esta manera, teniendo un mismo “macizo” de acero, podemos configurar la cavidad del molde modificando la posición y longitud de llenado, así como las posiciones por donde queremos que se evacúe el aire de la cavidad al llenarse ésta de metal. La posibilidad de tener varias configuraciones es la que hace que el molde diseñado sea óptimo para realizar ensayos en las placas que obtenemos, ya que la misma placa se obtiene con distintos llenados y distinta evacuación del aire.

- Llenado central corto:

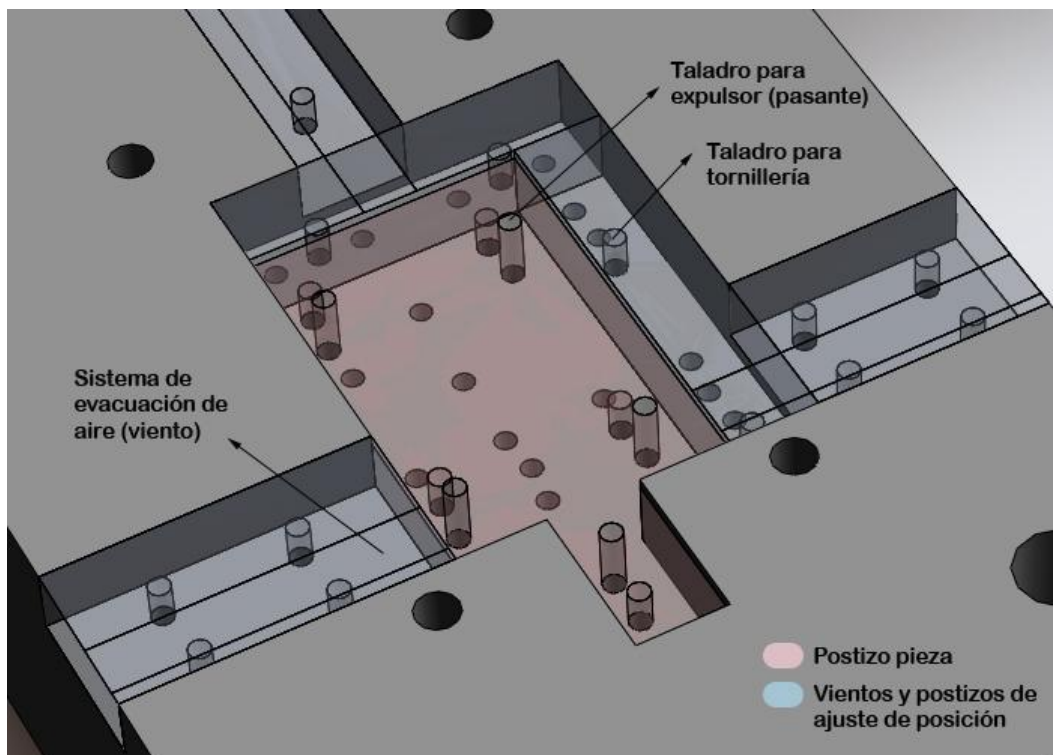


Figura 2.15: Detalle transparente de la configuración de llenado central corto.

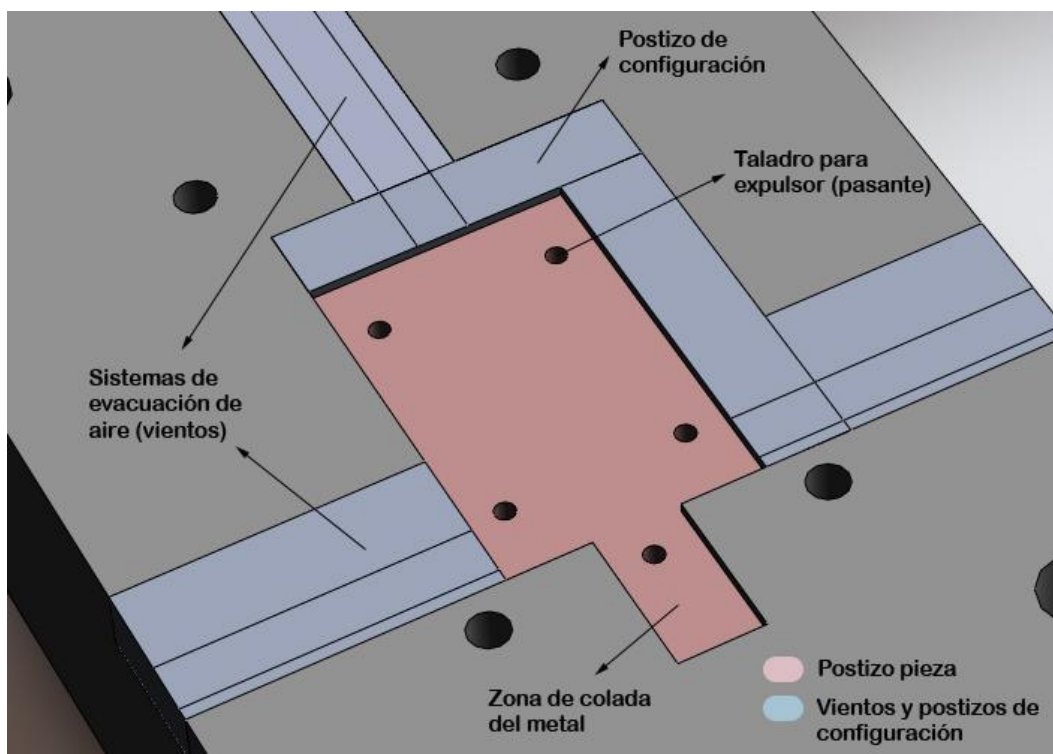


Figura 2.16: Detalle opaco de la configuración de llenado central corto.

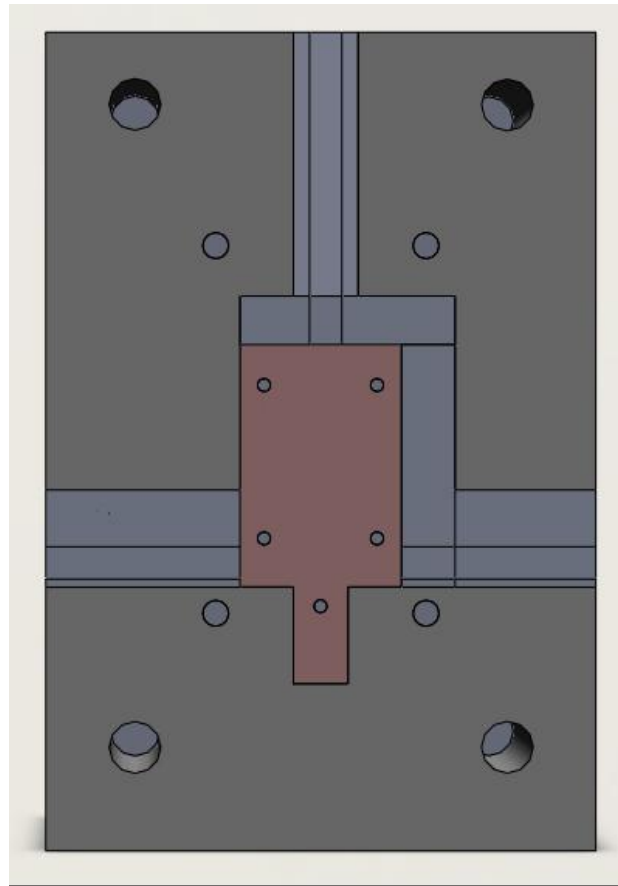


Figura 2.17: Vista en planta de la configuración de llenado central corto.

- Llenado central largo:

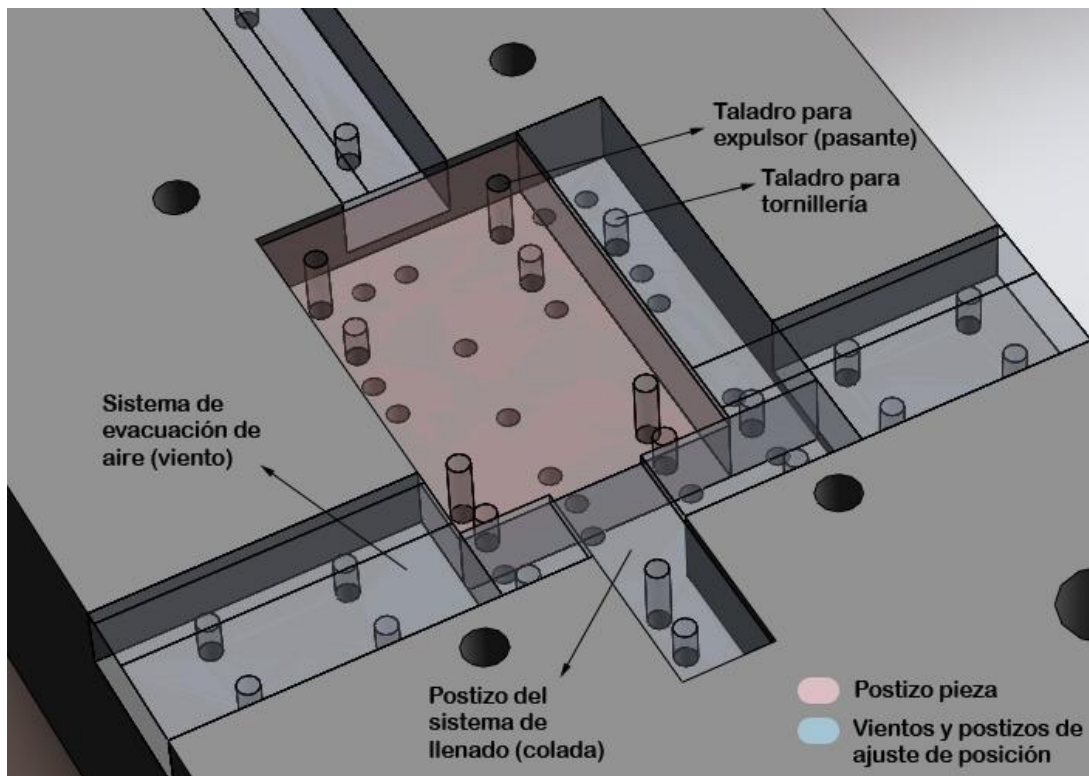


Figura 2.18: Detalle transparente de la configuración de llenado central largo.

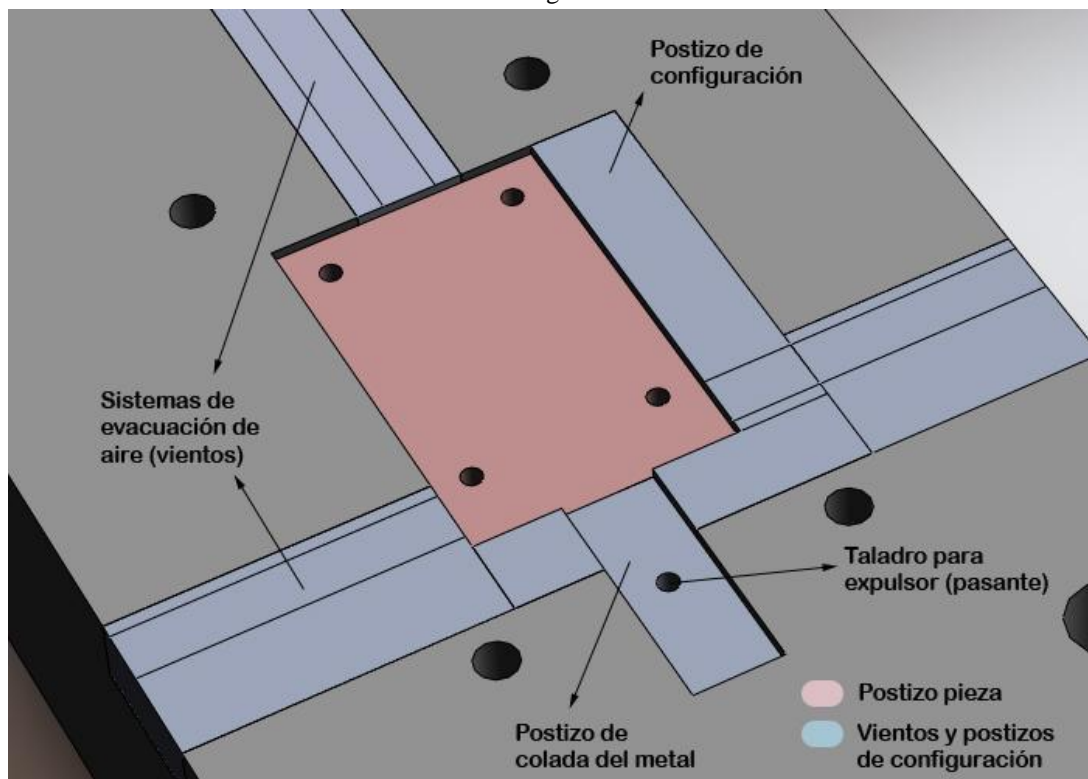


Figura 2.19: Detalle opaco de la configuración de llenado central largo.

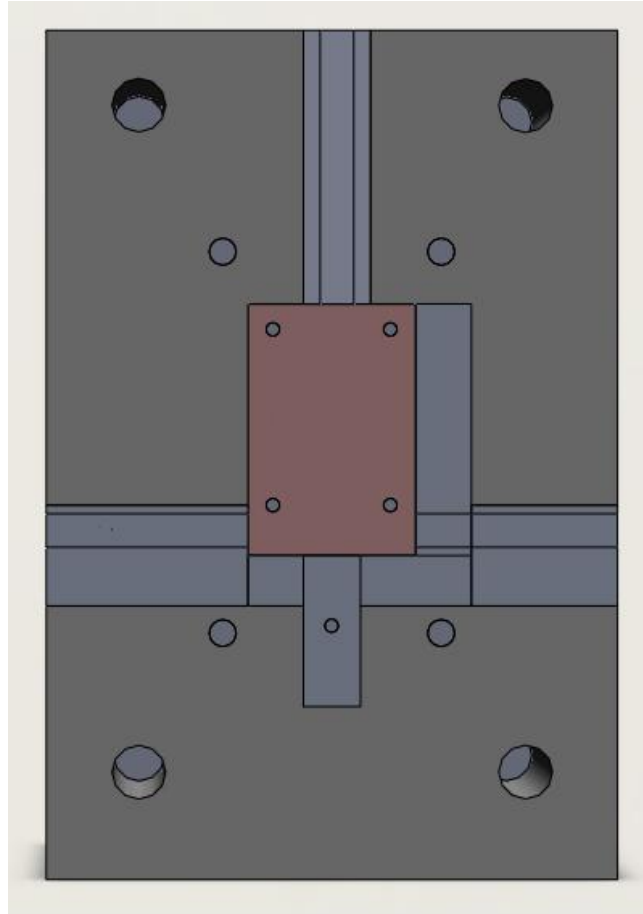


Figura 2.20: Vista en planta de la configuración de llenado central largo.

- Llenado por pared corto:

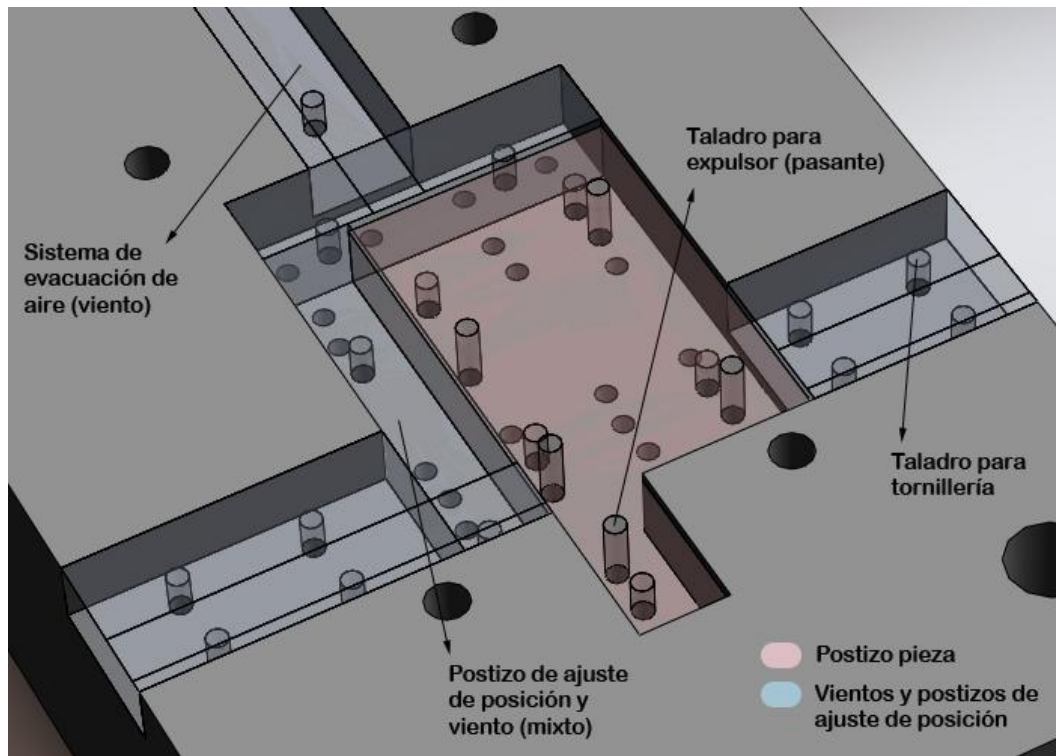


Figura 2.21: Detalle transparente de la configuración de llenado por pared corto.

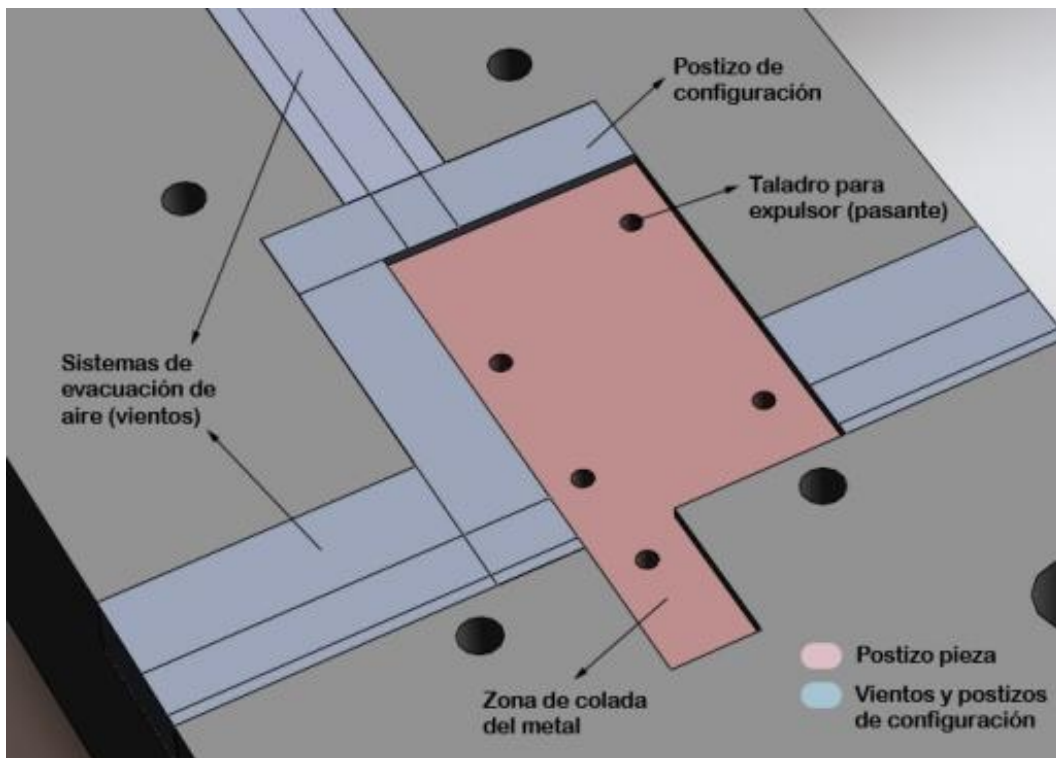


Figura 2.22: Detalle opaco de la configuración de llenado por pared corto.

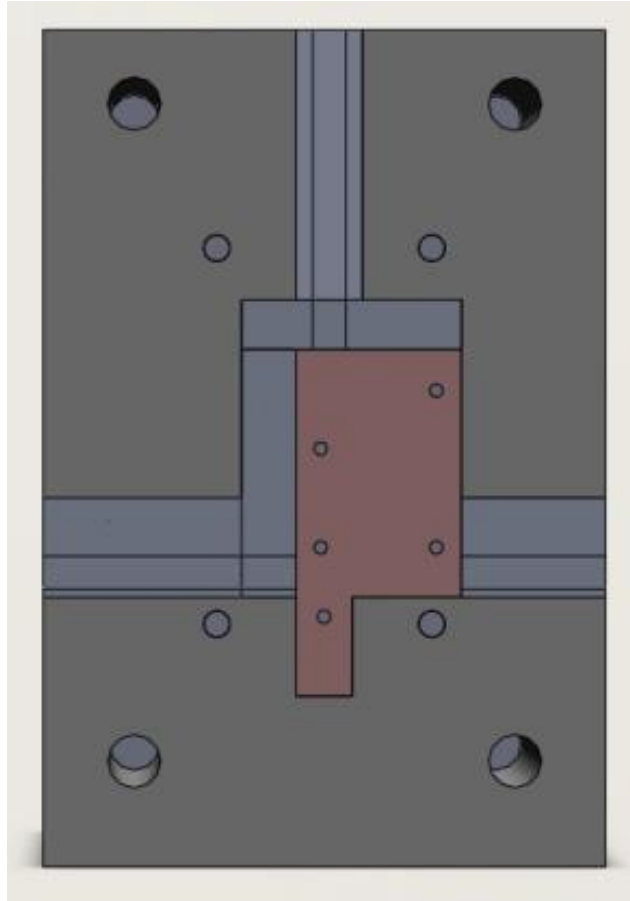


Figura 2.23: Vista en planta de la configuración de llenado por pared corto.

- Llenado por pared largo:

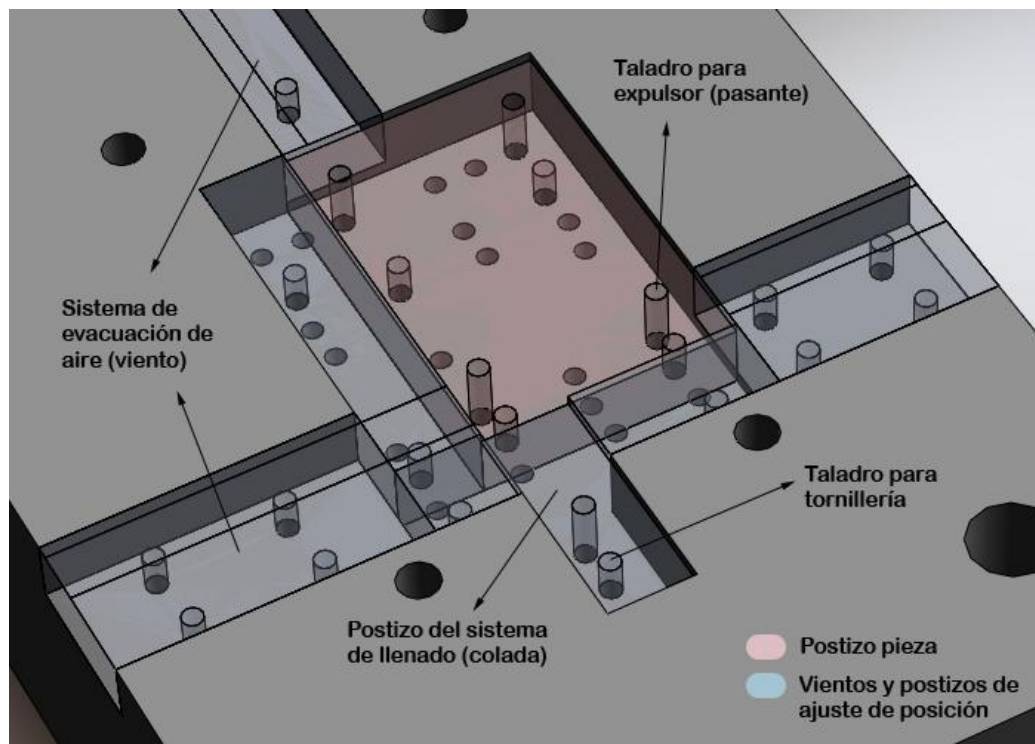


Figura 2.24: Detalle transparente de la configuración de llenado por pared largo.

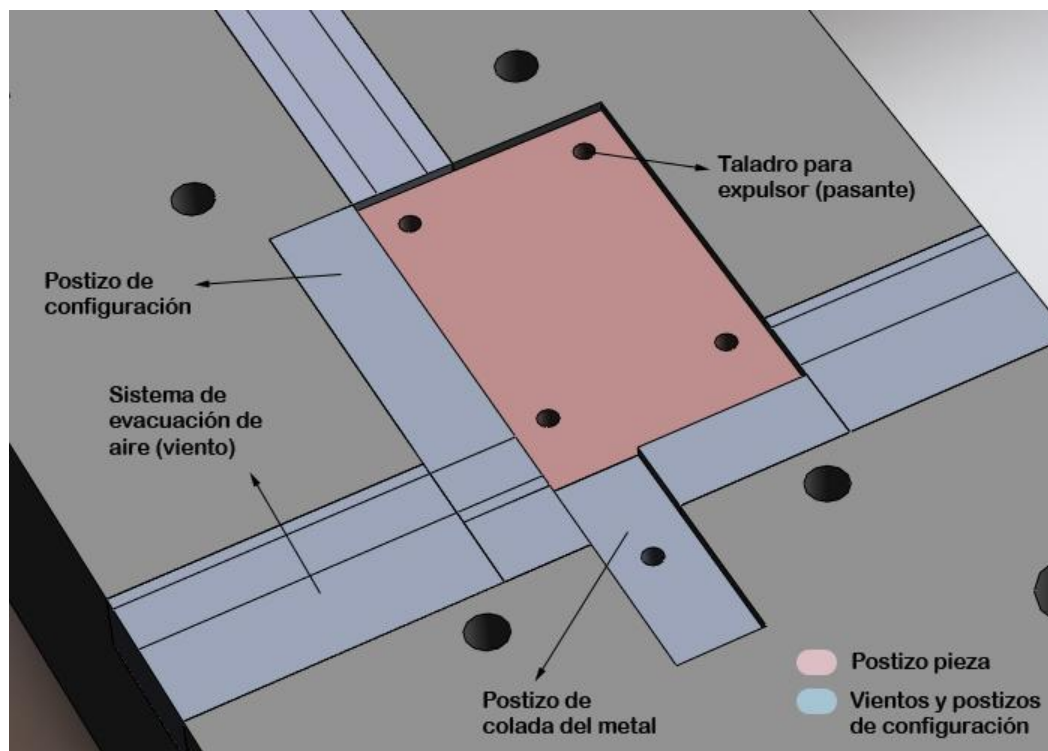


Figura 2.25: Detalle opaco de la configuración de llenado por pared largo.

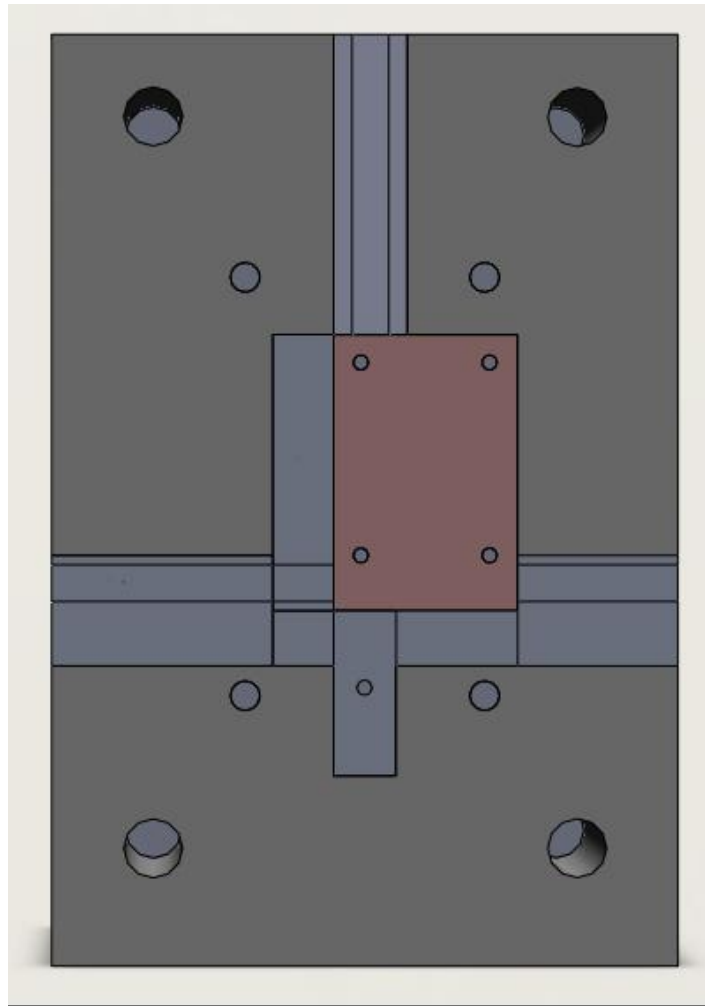


Figura 2.26: Vista en planta de la configuración de llenado por pared largo.

En este apartado, hemos observado las principales configuraciones que nos permiten fabricar placas de iguales dimensiones pero mediante distintos llenados y evacuaciones del aire. Sin embargo, cabe destacar que en las imágenes la posición de los vientos siempre es “activada”, para que actúen los tres a la vez. Esta opción es configurable, siendo necesario, en algunos casos, girar el viento para que no actúe y, en otros, colocar un postizo de las mismas dimensiones que el viento pero sin la ranura superior que deja escapar el aire. Esto nos proporciona un gran número de configuraciones posibles a la hora de utilizar el molde.

Suponiendo que las opciones de colocación de los vientos sean tres (superior y laterales activos, superior activo o laterales activos), tendremos un total de 12 configuraciones posibles para el molde de acero.

2.4.3. Componentes del molde de acero

Una vez presentadas las distintas configuraciones que nos permite el diseño del molde realizado, debemos presentar las distintas piezas y postizos que hacen que esto sea posible, ya que son los que otorgan al molde la capacidad de configurarse de distintas maneras para la fabricación de una misma placa metálica.

Es necesario destacar que el diseño tanto de la cavidad como de los postizos que se introducen en ella, se ha realizado siempre con dos claros objetivos: **ahorro de material y hacerlo configurable.**

➔ PARTE MÓVIL DEL MOLDE

Consiste en la “base” del molde, con una cavidad central donde se podrán colocar los distintos postizos para conseguir las configuraciones mostradas anteriormente. Alrededor de esta cavidad central, posee 4 agujeros de diámetro menor y otros 4 de diámetro mayor, cuya función es permitir el acople con las otras partes fijas del molde. Esta parte del molde tiene unas dimensiones de: **506,40 x 340 x 120 mm.**

La cavidad central tiene unas dimensiones de **133 x 180 x 30 mm** y en ella se acoplan los postizos de la pieza y de configuración para obtener las configuraciones citadas. Además, cuenta con tres cavidades de **25 mm** de profundidad destinadas a la colocación de los vientos.

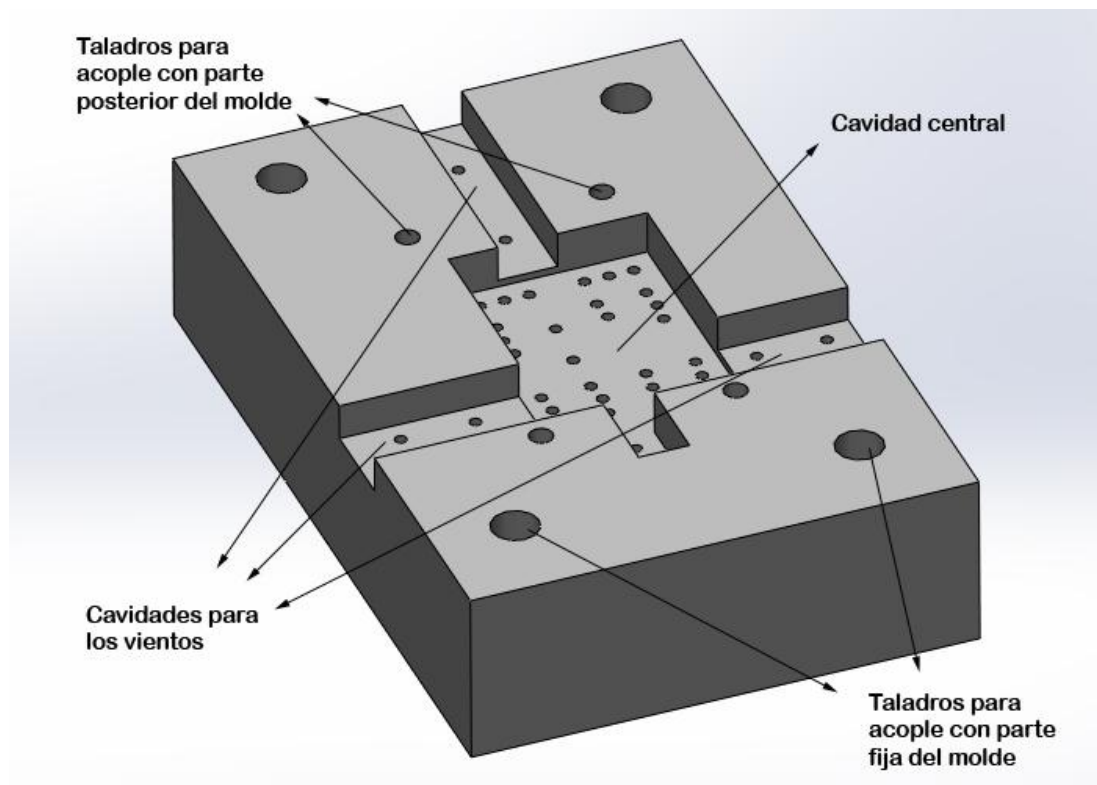


Figura 2.27: Parte móvil del molde de acero.

Respecto a la cavidad central, destaca la gran cantidad de taladros que contiene. Esto se debe a la gran variedad de posiciones de los postizos, que dan lugar a las configuraciones anteriormente descritas. De este modo, se distinguen dos tipos de agujeros: los utilizados para amarrar los postizos a esta parte móvil mediante tornillería, y los destinados a situar los expulsores en función de dónde esté situado el postizo de la pieza. Esta parte del molde, podría llegar a optimizarse con un estudio mucho más exhaustivo y optimizando las posiciones de todos los postizos en las distintas configuraciones de manera que coincidan los agujeros de los postizos, independientemente de la configuración empleada. Así se obtendría un menor número de taladros en esta parte del molde. Esta optimización ya se ha intentado realizar en este proyecto, pero se ha optado por situar siempre los amarres y los expulsores en las esquinas de los postizos, para asegurar un agarre uniforme al molde y distribución de fuerzas en la expulsión de la placa lo más uniforme posible para evitar que ésta se doble en su extracción. Estos requerimientos hacen muy difícil la reducción del número de taladros, teniendo siempre en cuenta que los taladros para los expulsores no sirven para introducir tornillos de amarre.

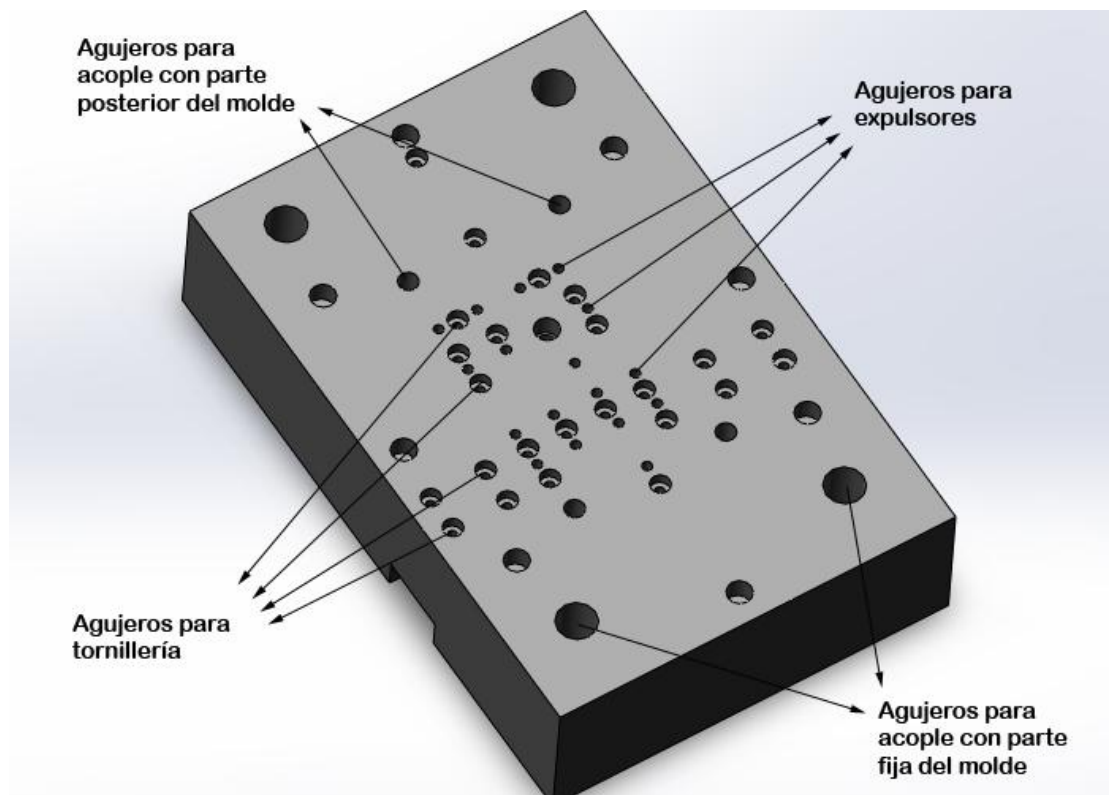


Figura 2.28: Zona posterior de la parte móvil del molde de acero.

En esta última imagen se pueden distinguir:

- Agujeros para expulsores de la placa: $d = 8 \text{ mm.}$
- Agujeros para tornillería de amarre: $d = 8 \text{ mm} // D = 16 \text{ mm.}$
- Agujeros para acople con la parte fija del molde: $d = 32 \text{ mm.}$
- Agujeros para acople con la parte posterior del molde: $d = 16 \text{ mm.}$

→ POSTIZOS DE LA PIEZA

Sobre estos postizos se extenderá el metal fundido para rellenar la cavidad cuyas dimensiones serán las de las placas a fabricar. Una vez cerrado el molde y listo para comenzar la fabricación, este postizo deja una cavidad de **150 x 100 x 4 mm** que serán las dimensiones de la placa, además de una pequeña zona correspondiente al llenado del molde, que posteriormente deberá mecanizarse para eliminarla o, si se considera que no influirá en los ensayos, dejarla sin mecanizar.

En total tenemos 4 postizos para la pieza, correspondientes a cada una de las configuraciones posibles. Existen cuatro postizos ya que son los que marcan el llenado de la cavidad y, por consiguiente, para que se ajusten correspondientemente los agujeros de tornillería y de los expulsores, es imposible contar con un solo postizo para las cuatro configuraciones.

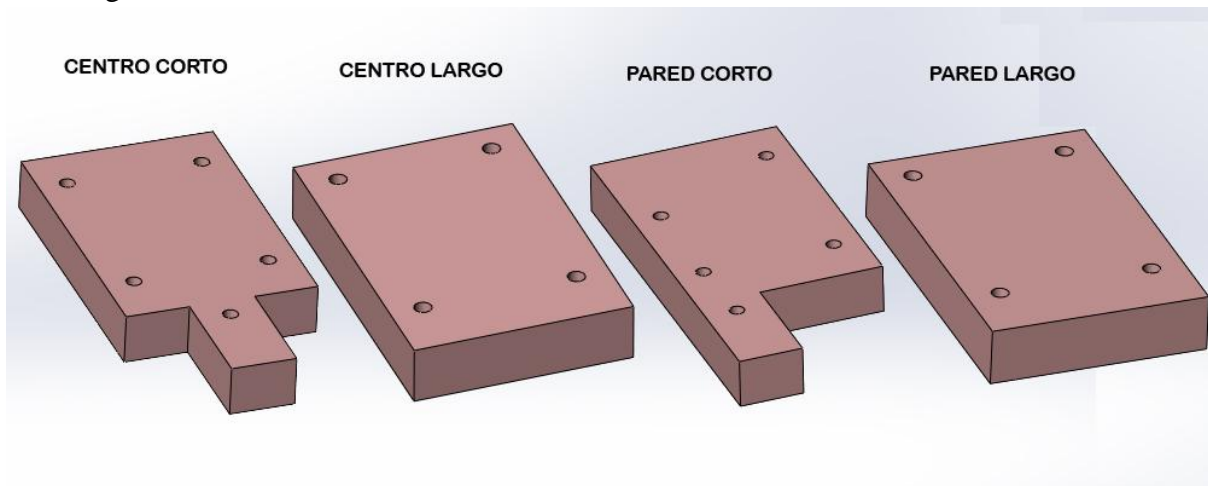


Figura 2.29: Zona superior de los postizos pieza del molde de acero.

Estos postizos contienen, cada uno, cuatro taladros para agujeros de amarre mediante tornillos al molde móvil y otros cuatro taladros pasantes para la colocación de los expulsores de la placa, todos de diámetro Ø8 mm.

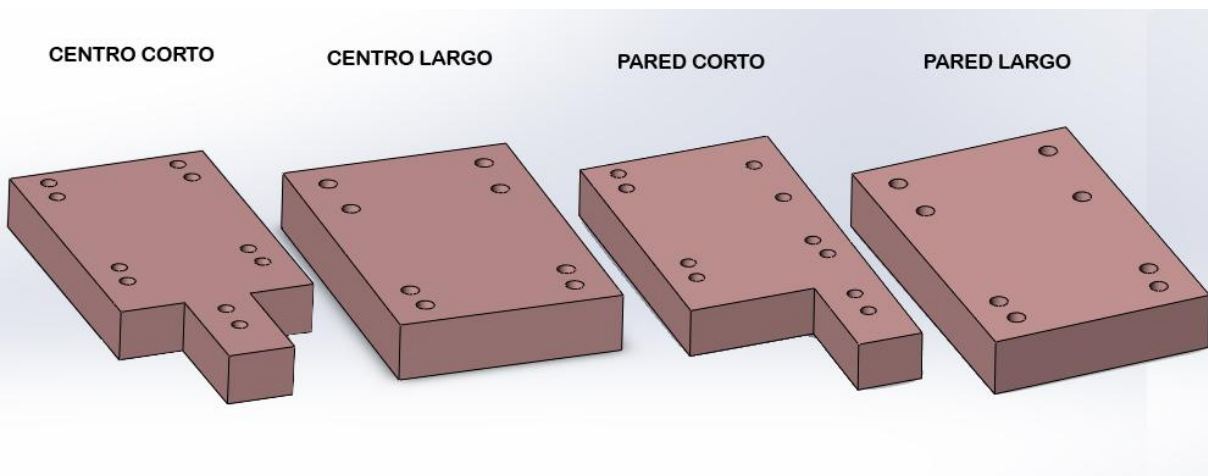


Figura 2.30: Zona inferior de los postizos pieza del molde de acero.

→ VIENTOS

En los procesos de fundición el aire puede ser evacuado desde la cavidad del molde hacia el medioambiente a través de los vientos. El diseño y la localización de los vientos son vitales para reducir la masa de aire residual en la cavidad del molde al final de la inyección, pero además debe minimizar los trabajos de acabado posteriores y asegurar que el metal fundido se solidifica dentro del molde y no a en la superficie de los vientos. En la práctica, los sistemas de evacuación de aire están formados por varios vientos de sección rectangular y pequeño espesor para evitar, precisamente, que el metal fundido pueda ser expulsado fuera de la cavidad del molde antes de su solidificación. Estos vientos, se han situado en lugares estratégicos para facilitar la completa evacuación del aire, lo más próximos posible a la línea de partición del molde.

Estos vientos cuentan con taladros en su parte inferior para su correcto ensamblaje con la parte móvil del molde y se asegure la perfecta estanqueidad de las uniones de todos los postizos.

En nuestro caso contamos con un viento superior, para evacuar en primer lugar el aire que arrastra el metal fundido en su ascensión y, además, se han colocado dos vientos laterales para expulsar el aire que arrastra el metal en su descenso por los laterales de la cavidad. En la siguiente imagen se observa cómo la posición, a priori, óptima para la colocación de los vientos es en la zona superior y laterales del molde para evacuar el aire que arrastra el metal fundido en la etapa lenta de llenado.

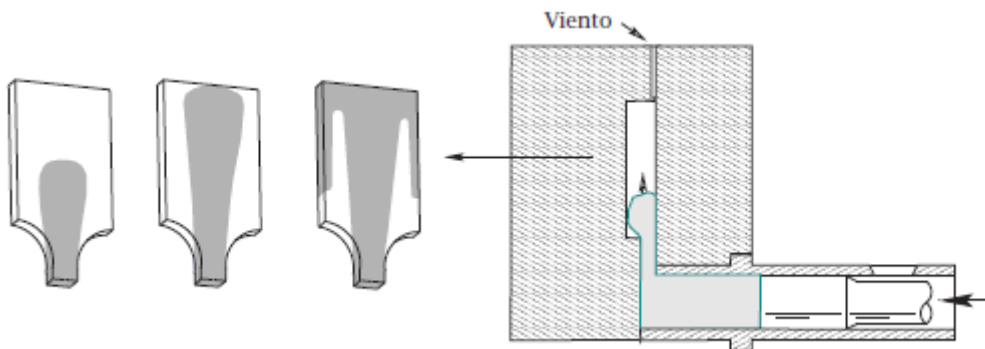


Figura 2.31: Etapa lenta del proceso de inyección en molde permanente con cámara fría horizontal.

A continuación se muestran imágenes del diseño de los tres vientos que se colocarán en el molde.

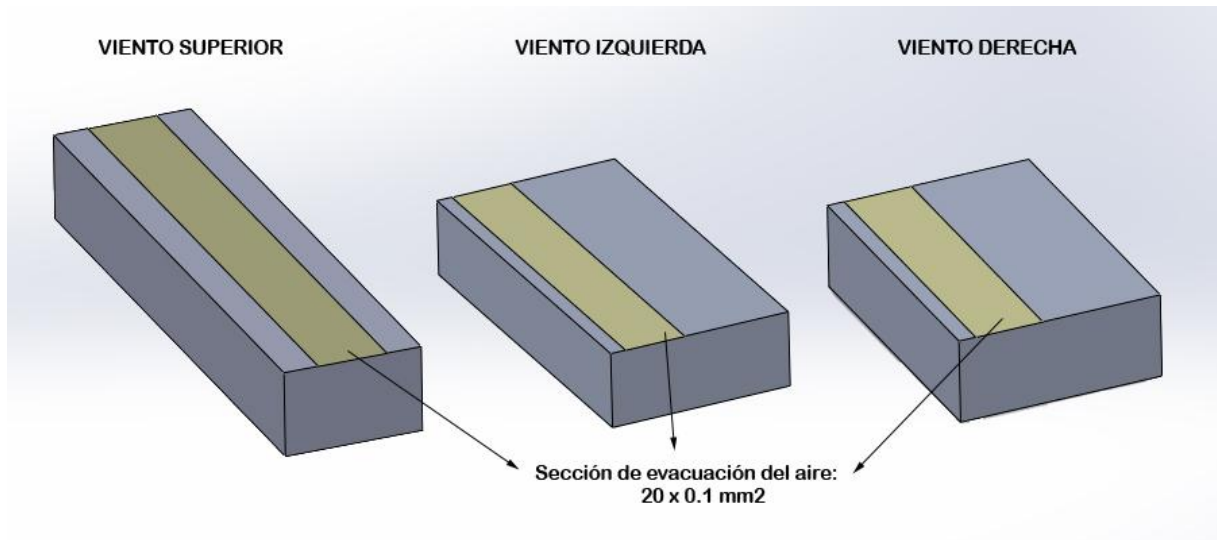


Figura 2.32: Diseño y sección de evacuación de los vientos del molde de acero.

→ POSTIZOS DE CONFIGURACIÓN

Las piezas que completan el ensamblaje de la cavidad del molde son una serie de postizos destinados a ajustar las distintas posiciones del postizo de la pieza, en función del llenado de la cavidad de la pieza. Además, algunos de ellos también realizan la función de superficie de llenado en las configuraciones donde la longitud de llenado es mayor.

Estos postizos deben acoplarse perfectamente, teniendo como misión la estanqueidad de todo el conjunto de postizos y posibilitar, además, que los vientos puedan realizar correctamente su función. En su parte posterior tienen realizados taladros no pasantes para el amarre al molde móvil mediante tornillos de Ø8 mm repartidos de manera que el agarre sea lo más uniforme posible, de la misma manera que los vientos.

El diseño cuenta con 3 postizos:

- Postizo lateral: se coloca a un lado o al otro del postizo de la pieza según se quiera cambiar la configuración de llenado central o por la pared de la placa. Además, en el lateral que se coloque, se convierte en una extensión del viento al que está unido. Por ello, en su zona inferior tiene mecanizada la misma ranura que los vientos (20 x 0.1 mm).
- Postizo superior: se coloca en la parte superior del postizo de la pieza para intercambiar entre las configuraciones de llenado con longitud corta o larga. Al igual que el anterior, cuando se coloque supondrá una extensión del viento superior y debe permitir que éste realice su función de evacuación del aire.

- Postizo inferior: se coloca en la parte inferior del postizo de la pieza para permitir una longitud de llenado mayor. Este postizo, permite que los vientos laterales puedan colocarse girados y así no evacúen aire.

A continuación observamos la posición de estos tres postizos en las distintas configuraciones que tiene el molde.

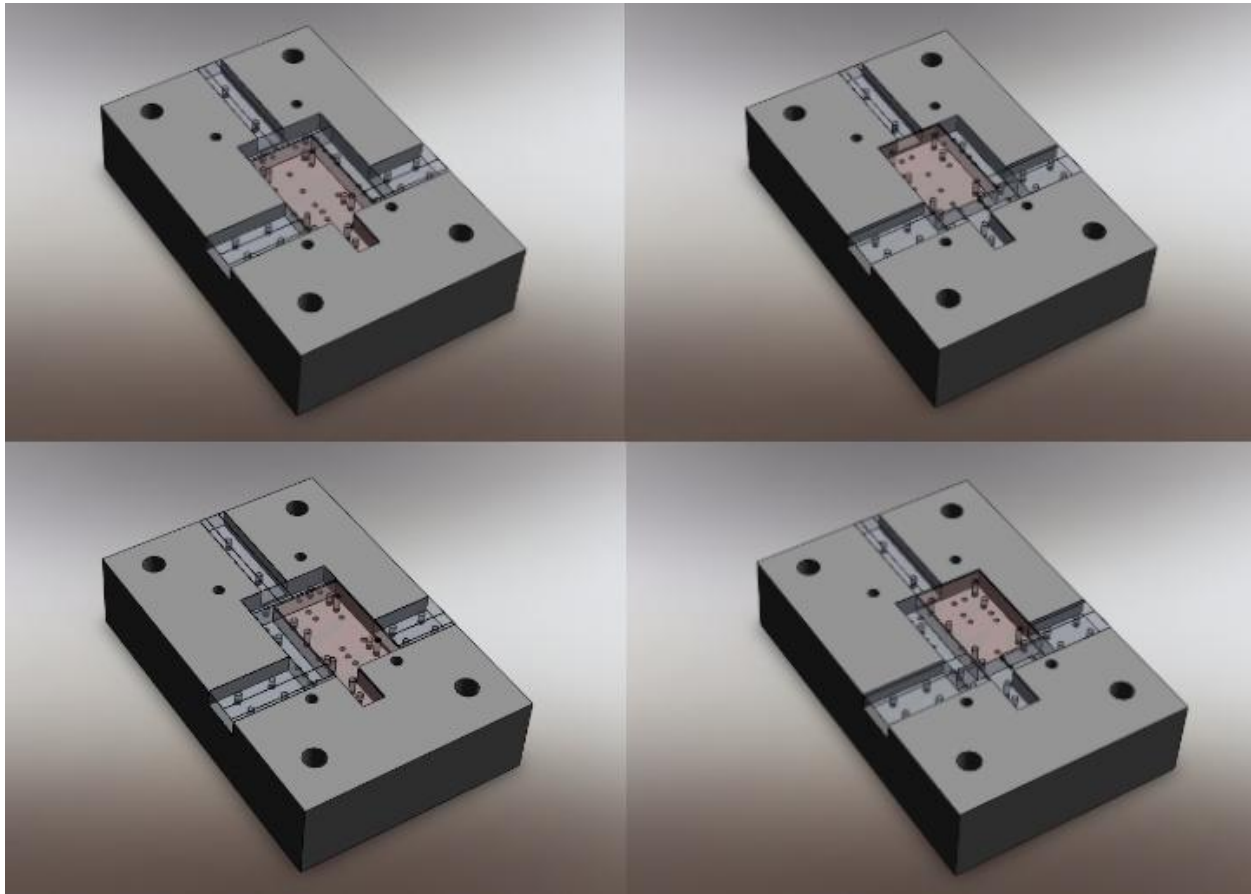


Figura 2.33: Posición de los postizos según las configuraciones del molde de acero.

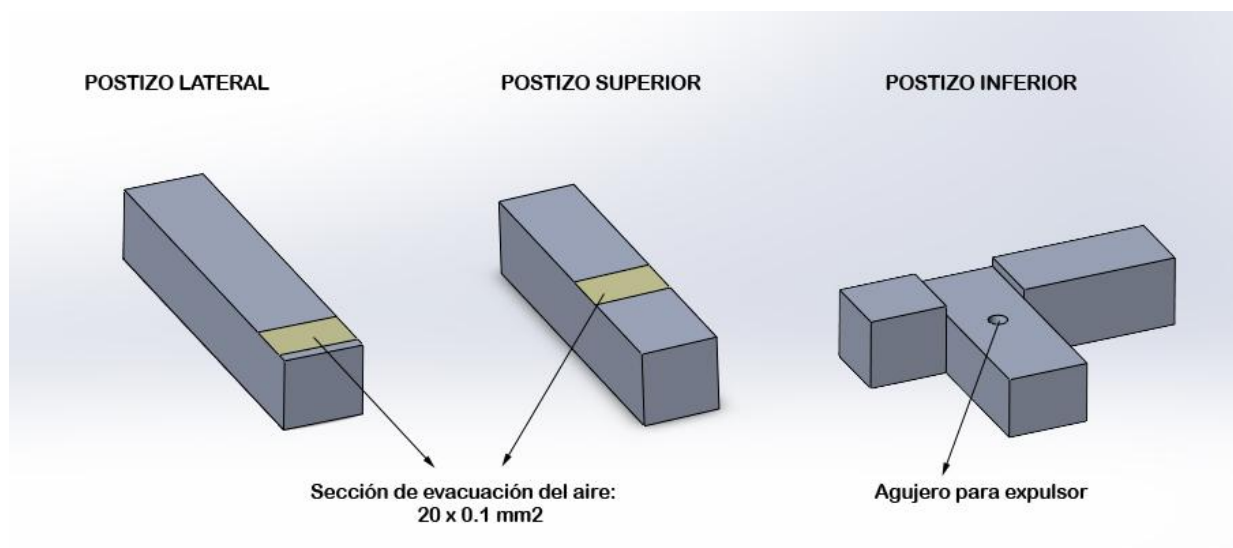


Figura 2.34: Postizos de configuración del molde de acero.

→ PARTE POSTERIOR DEL MOLDE

Esta parte del molde tiene como función el acople de la placa de expulsores en la parte posterior de la parte móvil del molde. Esta parte se une con el molde mediante una serie de tornillos con $d=20\text{ mm}$ y $D=26\text{ mm}$ distribuido a lo largo de la zona exterior para no influir en los agujeros para tornillería y expulsores.

En principio, el diseño de esta parte se ha realizado basándonos en una pieza idéntica que ya está fabricada y acoplada en otro molde de la UPCT. De esta manera podemos aprovechar esta parte para los dos moldes y ahorrar tanto material como costes del proceso de fabricación. La única imposición de esto, es que el molde de acero que hemos diseñado debía tener el mismo ancho y largo que el otro que ya había fabricado y así poder aprovechar la parte posterior.

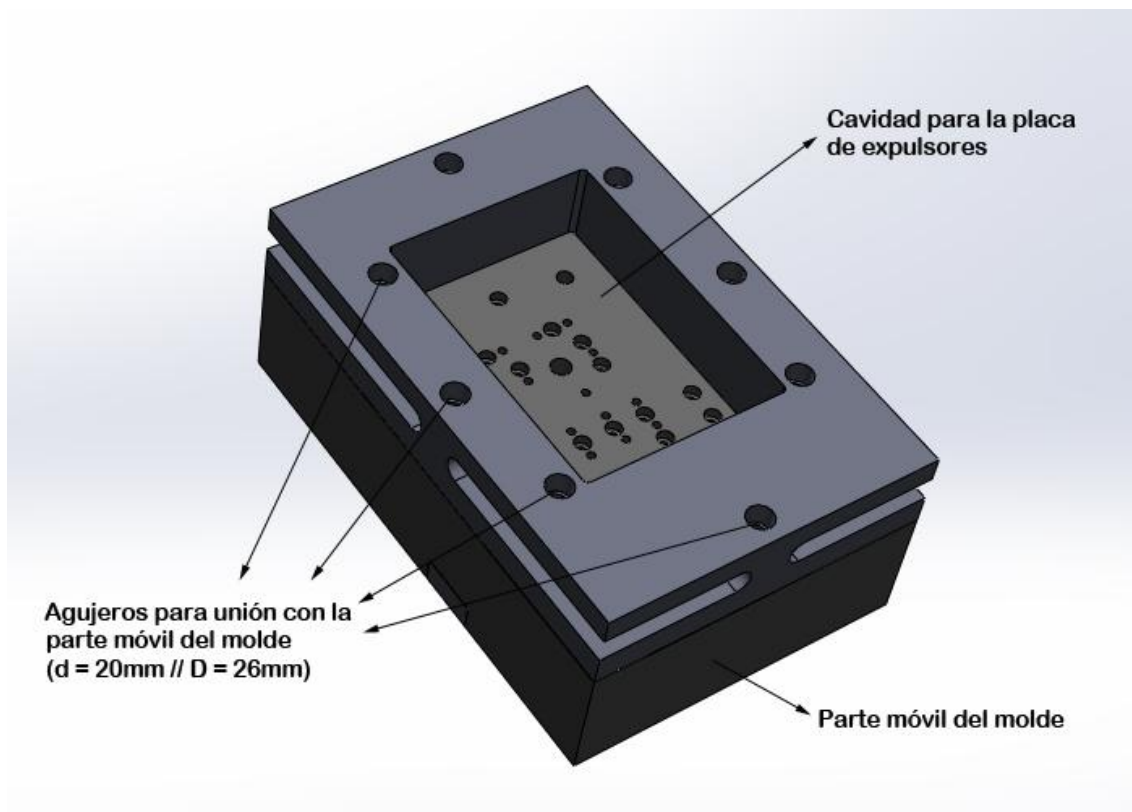


Figura 2.35: Parte posterior del molde de acero.

→ PLACA DE EXPULSORES

La placa de expulsores tiene como función disminuir los tiempos de fabricación expulsando la placa fabricada una vez que se ha solidificado. Es un proceso semiautomático en el cual la placa, que contiene los expulsores, se mueve hacia el molde y provoca que los expulsores ($\varnothing 8$ mm) empujen la pieza hacia fuera, mientras las guías ($\varnothing 16$ mm) ayudan a que los anteriores no soporten todo el peso del molde en el proceso de expulsión de la placa. Una vez extraída, el sistema de expulsión retrocede, iniciando de nuevo el ciclo de fabricación.

Esta placa consta a su vez de dos placas, en una se introducen los expulsores y la otra cierra de manera que los expulsores no se muevan con el movimiento del sistema de expulsión.

Esta placa está acoplada a la parte posterior del molde tal y como se ha indicado en el apartado anterior. A continuación observamos cómo se acopla la placa de expulsores al molde.

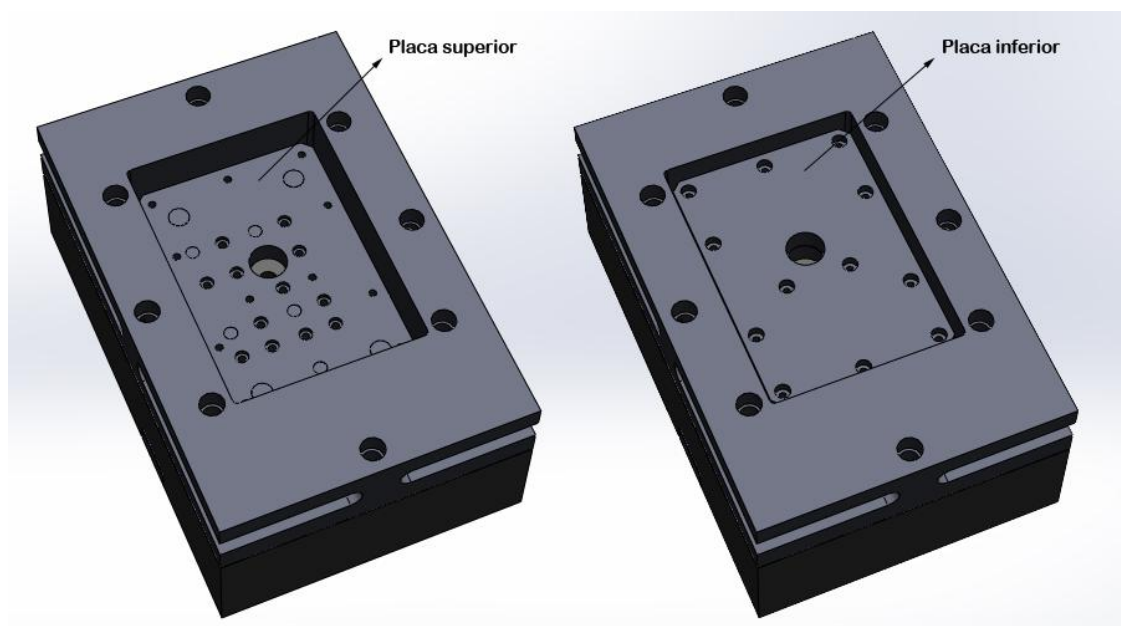


Figura 2.36: Placa de expulsores acoplada al molde de acero.

Como se observa en la imagen, la placa de expulsores tiene una gran cantidad de agujeros. Ocurre lo mismo que con la parte móvil del molde, que tal y como se ha explicado anteriormente, la capacidad de configuración del molde mediante el cambio de posiciones de los postizos, hacen que necesariamente haya una gran cantidad de taladros destinados tanto a los expulsores como a los tornillos de amarre para cada una de las distintas configuraciones. A continuación se indican las funciones de los agujeros que contiene la placa de expulsores.

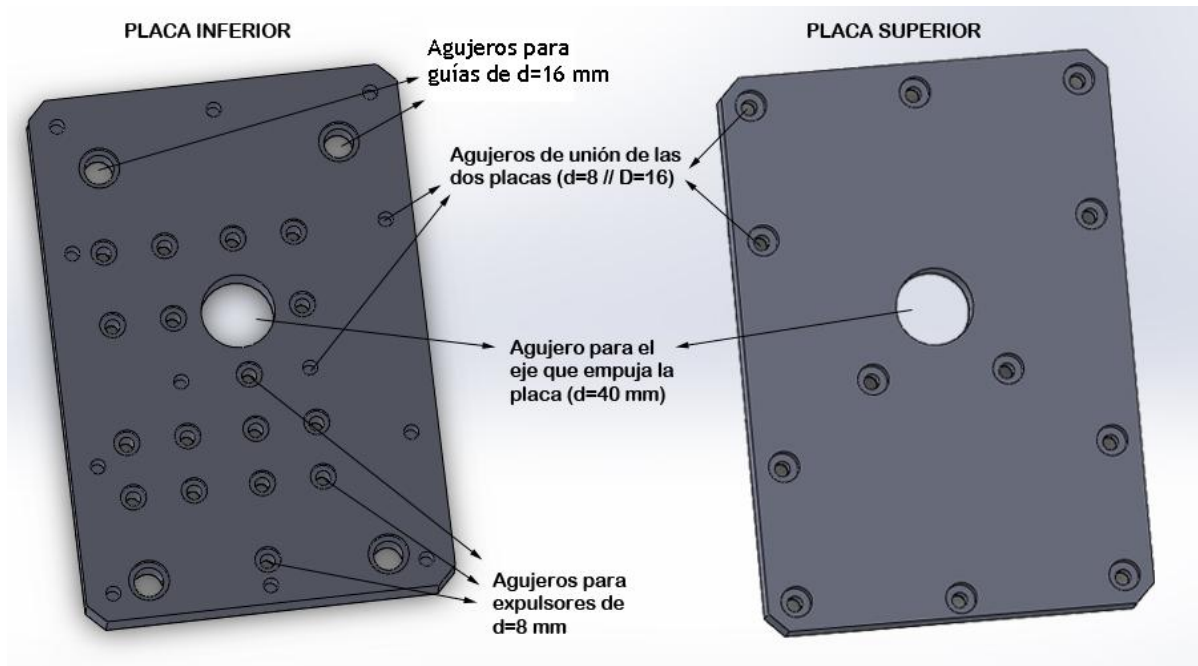


Figura 2.37: Detalles de la placa de expulsores del molde de acero.

Como su propio nombre indica, la placa de expulsores debe contener los expulsores empleados para la separación de la parte que cierra el molde y la extracción de la placa de metal solidificada. Por lo tanto hay dos tipos de expulsores.

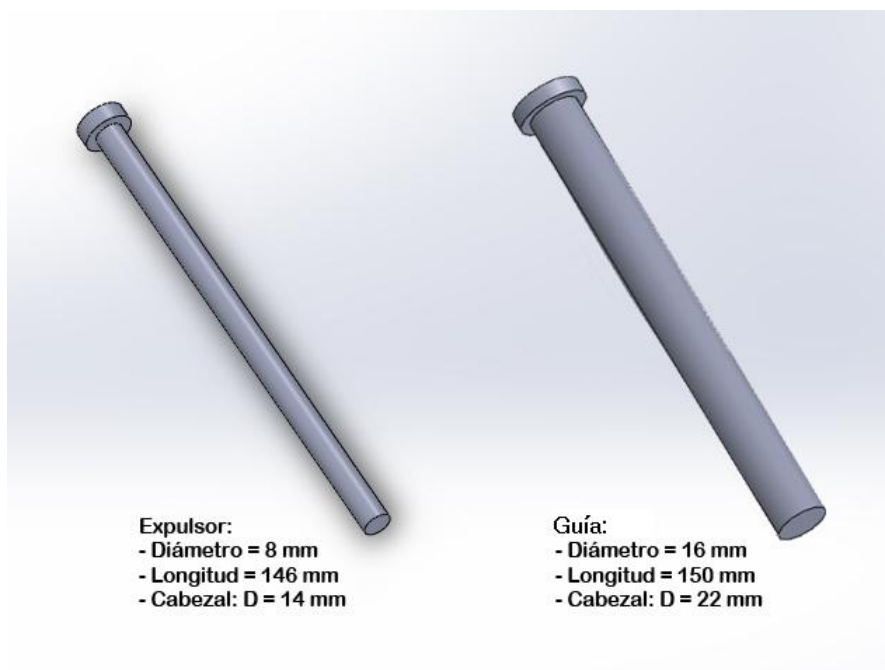


Figura 2.38: Dimensiones de los expulsores.

Las guías de Ø16, siempre estarán en la misma posición ya que su función es la acoplar la placa de expulsión con el molde, reduciendo el peso que soportan los expulsores. Sin embargo, los expulsores de 8 variarán su posición en función de la configuración que se esté empleando para fabricar. La posición en que deberán colocarse en cada ocasión, la marca el postizo de la pieza, ya que éste es el que tiene los taladros pasantes para que se sitúen los expulsores en ellos.

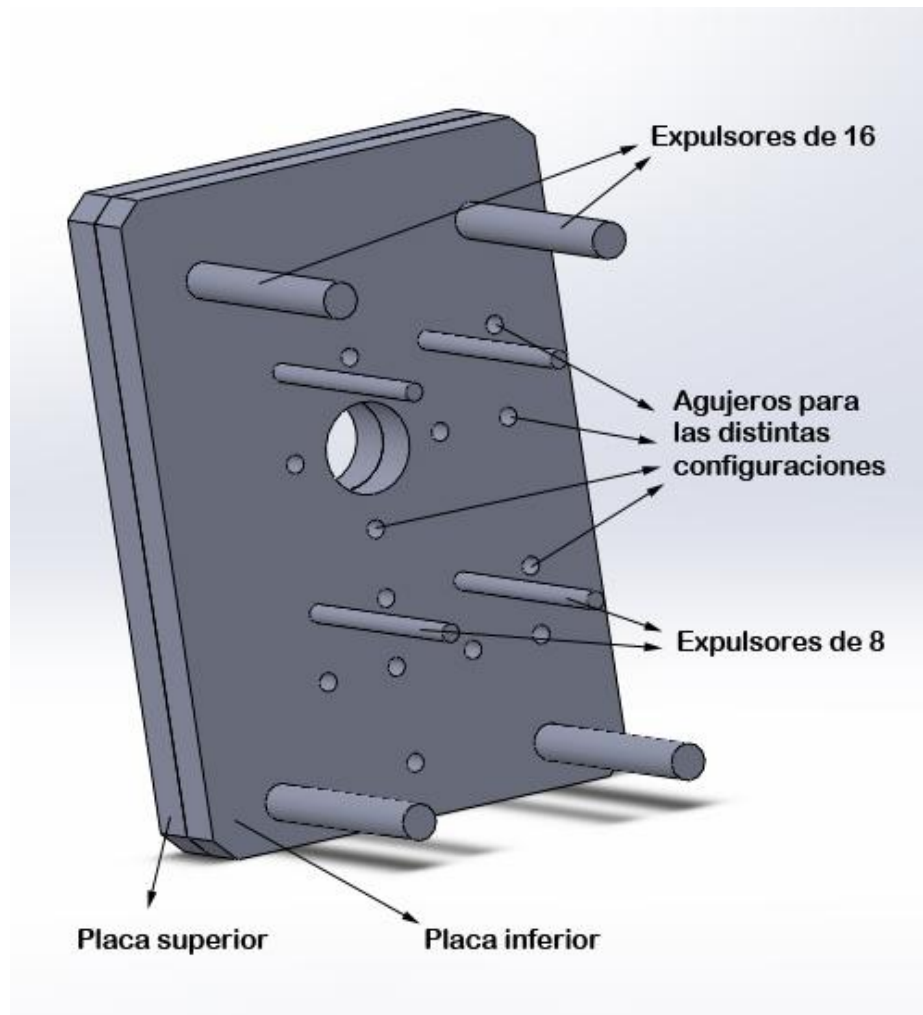


Figura 2.39: Placa de expulsores con expulsores (8mm) y guías (16mm) montados.

2.5. Diseño del molde de metacrilato mediante SolidWorks

Este segundo diseño del proyecto consiste en un molde de metacrilato destinado para la realización de ensayos de simulación de llenado mediante con agua. De este modo, este molde nos permite, por medio del agua, observar cómo se van formando las burbujas de aire y qué papel puede jugar tanto la geometría de llenado como la zona de evacuación del aire (posición de los vientos). A diferencia del molde de acero, las distintas configuraciones no se consiguen cambiando los postizos de lugar, sino cambiando los postizos por otros que tienen otras geometrías. De esta manera no ahorramos tanto material pero es mucho más sencillo el montaje de los elementos.

El hecho de que el material de fabricación vaya a ser metacrilato, hay que definirlo en SolidWorks antes de comenzar a diseñar, aunque también tenemos la opción de cambiarlo una vez terminado el diseño.

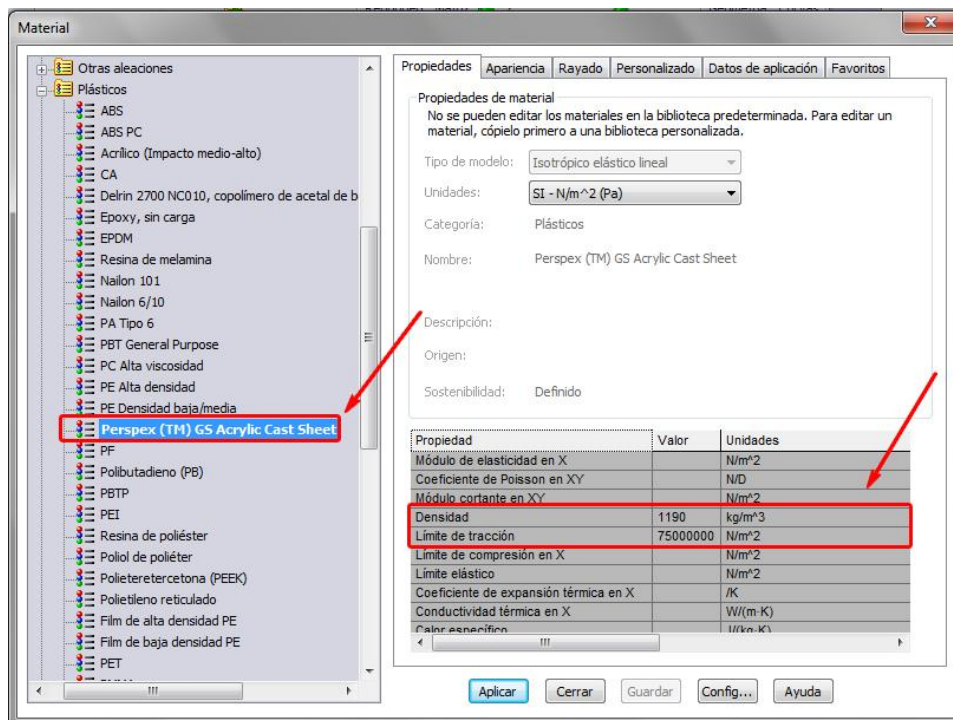


Figura 2.40: Selección de material metacrilato en SolidWorks.

La fabricación de este molde se va lleva a cabo en el taller de la UPCT debido a que el metacrilato es un material más económico que el acero y mucho más manejable a la hora de mecanizar.

El hecho de que el molde no vaya a utilizarse para aplicaciones reales y únicamente se emplee para ensayar, nos da muchas más posibilidades que el molde de acero diseñado anteriormente. En este caso, podemos variar las geometrías de llenado de manera muy amplia. Además también se introduce la variable del llenado en distintos espesores de la pieza.

Por tanto, diseñar un molde de metacrilato nos proporciona una gran posibilidad de configuraciones y nos permite realizar ensayos de visualización de flujo donde podemos observar cómo el metal llenaría la cavidad del molde a lo largo del tiempo.

El hecho de introducir como novedad los distintos llenados según el espesor de la pieza, nos lleva a que debemos realizar dos diseños: uno en el que la pieza sería de 4 mm de espesor y se llenaría por todo su espesor, y otro en el que sería de 12 mm de espesor, dándonos la posibilidad de realizar un llenado en los 4 mm centrales de su espesor o en los 4 mm pegados a la pared del molde.

2.5.1. Molde para piezas de 4 mm de espesor

Como se ha indicado anteriormente, el molde de acero no nos da tanta libertad de configuración de sus piezas como la que nos proporciona, por ejemplo, el metacrilato. Por tanto, en este caso, las distintas configuraciones de nuestro molde se basan en la posición y longitud del llenado y en la posible “activación” y “desactivación” de los tres vientos que componen el sistema de evacuación del aire de la cavidad del molde.

Basándonos en las distintas geometrías de llenado, tenemos cuatro posibles configuraciones para el molde:

- Llenado recto (90°).
- Llenado en curva.
- Llenado en diagonal.
- Llenado recto-diagonal (con ángulo específico, tres configuraciones diseñadas).

Si a esto le añadimos la posibilidad de activar o desactivar los vientos, suponiendo que las opciones de configuración de los vientos sean tres (todos activados, superior activado o laterales activados) tendríamos un total de 18 configuraciones para el molde de metacrilato fabricado.

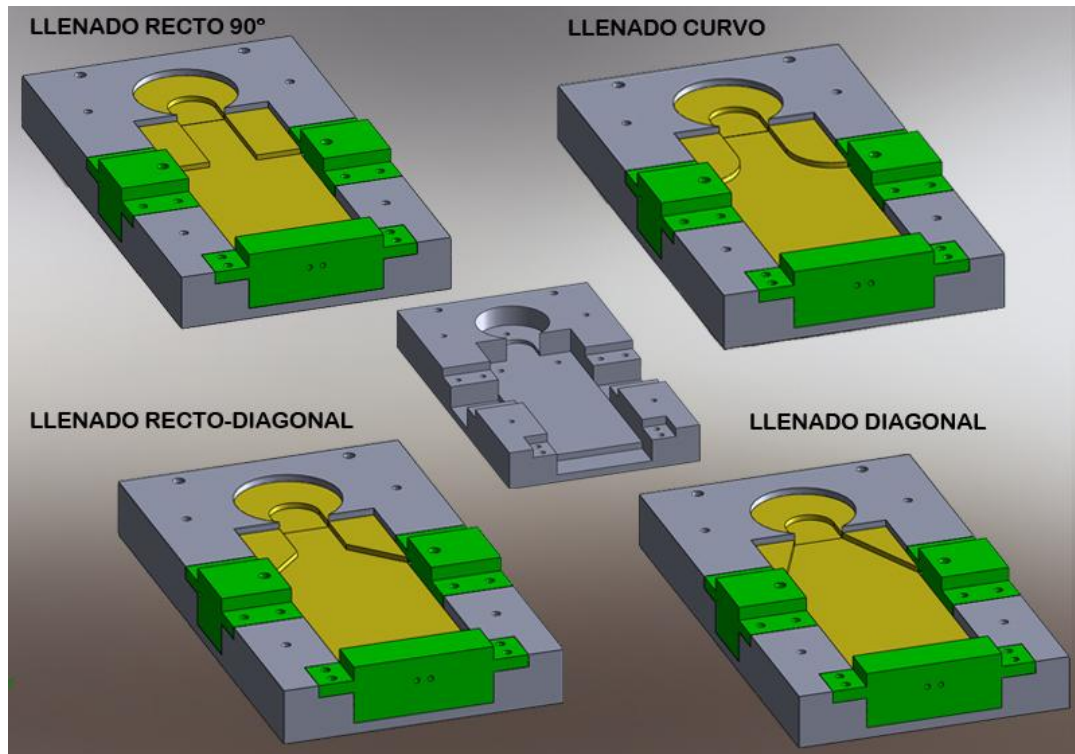


Figura 2.41: Configuraciones para espesor 4 mm en molde de metacrilato.

➔ PARTE MÓVIL DEL MOLDE

Consiste en la “base” del molde, con una cavidad central donde se podrán colocar los postizos para conseguir las configuraciones mostradas anteriormente. En comparación con el molde de acero, esta parte del molde tiene muchos menos taladros dado que, en este caso, las configuraciones se consiguen cambiando los postizos centrales por otros con distinta geometría pero que se amarran en los mismos puntos. De esta manera hay que fabricar más componentes, lo que significa más material, aunque es necesario debido a que el metacrilato no es tan consistente como el acero y no podemos hacer tantos taladros.

Esta zona central tiene dos cavidades: una zona cilíndrica donde va colocado el postizo de llenado y una zona rectangular donde se acoplan los postizos de la pieza, que darán lugar a las distintas geometrías de llenado. Además, cuenta con tres cavidades donde se acoplan los tres vientos, los cuales en este caso son fijos, pudiéndose taponar sus orificios para inutilizarlos en los ensayos.

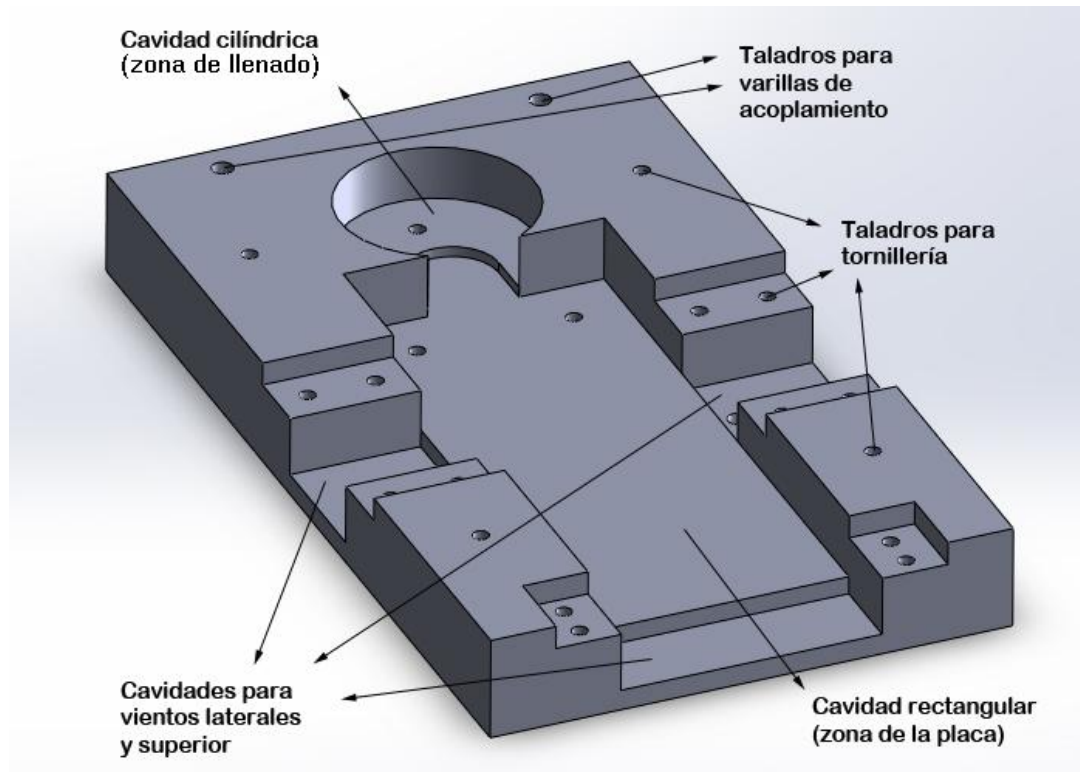


Figura 2.42: Detalles de la parte móvil del molde de metacrilato.

Es necesario indicar que los agujeros correspondientes a las varillas de acoplamiento, se han situado respecto al centro de la cavidad del cilindro tomando las distancias que se utilizaron en un molde anterior fabricado también en la UPCT, de ahí la impresión de su situación irregular, ya que no guardan relación con los bordes de la pieza. Esto se debe a que el molde irá acoplado en el mismo banco de ensayos y por tanto las distancias relativas entre el cilindro de llenado y las varillas serán las mismas que en el anterior molde fabricado. Por ello, dos de los agujeros atraviesan los vientos laterales, situación que no es la más idónea. Aún así, estos taladros no se realizarán hasta que se esté seguro de que se utilizará el mismo banco de ensayos y de que el molde se situará a la misma altura que el anterior, ya que si bajamos un poco su posición, las varillas no influirían a ninguna parte importante de la pieza.

➔ POSTIZOS DE LA PIEZA

Sobre estos postizos se introduce el agua para rellenar la cavidad durante el ensayo de visualización del llenado. En nuestro caso se llenará con agua mientras es fotografiado por una cámara de alta velocidad. Una vez cerrado el molde y listo para comenzar el ensayo, este postizo deja una cavidad de **150 x 100 x 4 mm**. Además cuenta una pequeña zona correspondiente al llenado del molde, donde según el postizo colocado variará la geometría.

En total se han diseñado 4 tipos de postizos para la pieza, correspondientes a cada una de las configuraciones de llenado posibles. Estos cuatro postizos son:

- Llenado recto (formando 90°).
- Llenado en curva.
- Llenado en diagonal (desde el cilindro hasta la pieza directamente).
- Llenado recto-diagonal (con ángulo específico).
 - o Formando 30° .
 - o Formando 45° .
 - o Formando 60° .

Cabe destacar que pueden diseñarse infinitas geometrías de llenado, pero en nuestro caso hemos comenzado con las geometrías más comunes, que además son las más significativas a la hora de ensayar y comprobar cómo afectan a la porosidad generada durante el proceso de llenado.

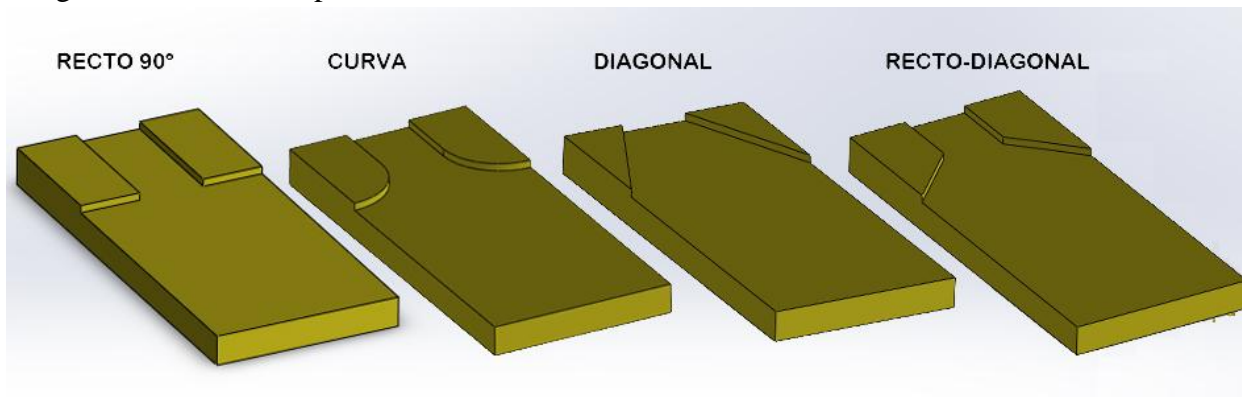


Figura 2.43: Postizos de la pieza según configuración de llenado.

En el último caso de llenado recto-diagonal, hemos diseñado 3 postizos con los ángulos más comunes que se pueden utilizar para el llenado. Esta configuración no difiere mucho de la tercera, lo único es que ésta nos permite llenar el molde con un ángulo específico. Por lo tanto, tras el diseño, hemos concluido que no es necesario fabricar la tercera configuración, siendo más útil fabricar los postizos con ángulo conocido para ver la influencia de éstos en el llenado.

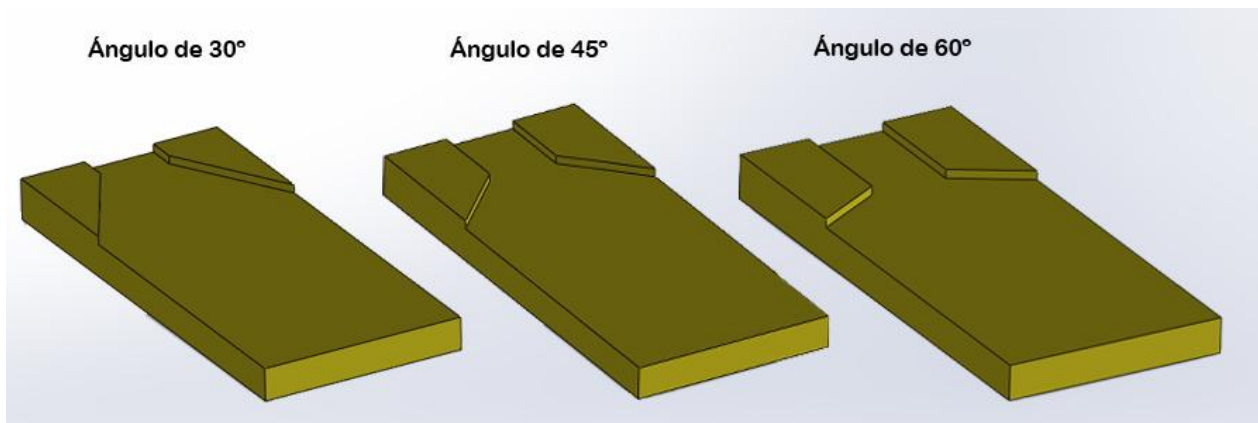


Figura 2.44: Postizos de la pieza según ángulo de llenado.

Un dato importante es que estos postizos no deben tener agujeros ya que, al ser el metacrilato un material transparente, lo cual nos permite realizar el ensayo de fotografiado, las fotografías saldrían con las sombras de los tornillos. Aún así, el postizo debe estar bien sujeto a la parte móvil del molde. Por lo tanto, se ha decidido colocar dos taladros en las zonas de llenado por donde no pasa el agua, así no entorpecerá las imágenes del recorrido del agua. A continuación mostramos un ejemplo de los taladros que se realizan en cada uno de los postizos de la pieza para ser amarrados mediante tornillos y garantizar que la pieza tendría los 4 mm de espesor para los que se ha diseñado el molde.

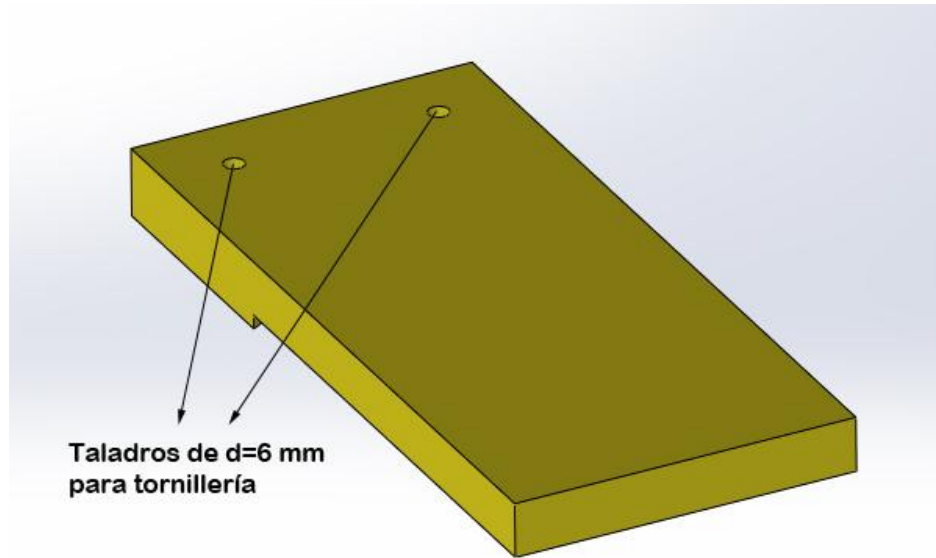


Figura 2.45: Parte posterior de los postizos de la pieza.

→ VIENTOS

Tal y como se ha explicado en el caso del molde de acero, en los procesos de fundición, el aire puede ser evacuado desde la cavidad del molde hacia el medioambiente a través de los vientos. Estos vientos, se han situado en lugares estratégicos para facilitar la completa evacuación del aire, lo más próximos posible a la línea de partición del molde.

Estos vientos cuentan con taladros en sus zonas laterales para su correcto ensamblaje con la parte móvil del molde y se asegure la perfecta estanqueidad de las uniones de todos los postizos. Además, su forma se ha diseñado de tal manera que se introducen en una especie de escalón que se forma en las partes móvil y fija del molde, proporcionando así un mejor ensamblaje, si cabe, de las distintas partes del molde.

En nuestro caso contamos con un viento superior, para evacuar en primer lugar el aire que arrastra el metal fundido en su ascensión y, además, se han colocado dos vientos laterales para expulsar el aire que arrastra el metal en su descenso por los laterales de la cavidad.

A diferencia de los vientos del molde de acero, que contaban con una sección rectangular, en este caso los orificios de evacuación del aire se han realizado con sección circular. En principio, estos orificios cuentan con un diámetro de 4 mm, pudiéndose aumentar si se considera necesario. Al realizarlos con sección circular, tenemos la opción de “inhabilitarlos” introduciendo un fino cilindro que tenga el mismo diámetro que el orificio.

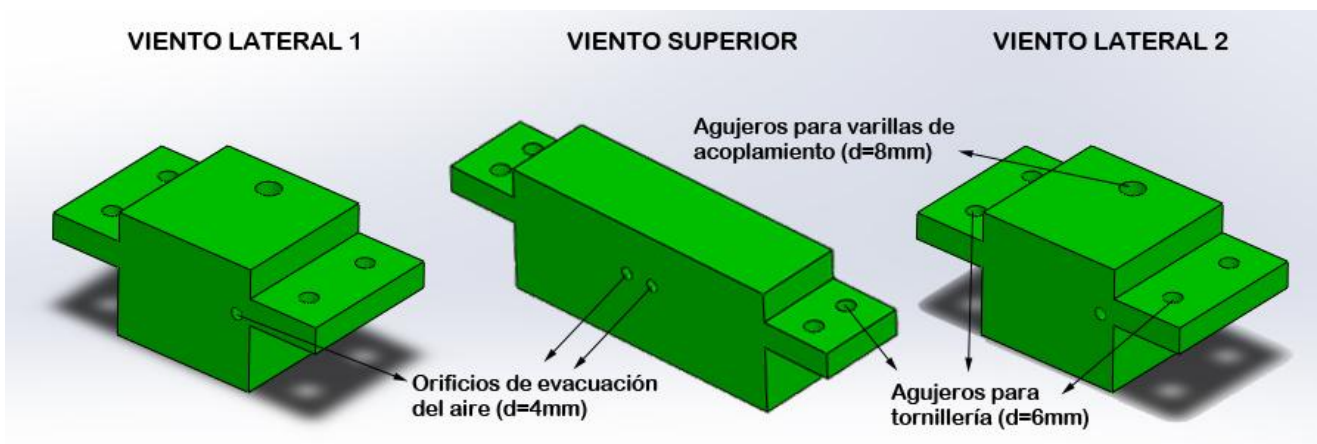


Figura 2.46: Vientos laterales y superior del molde de metacrilato.

➔ POSTIZO DE LLENADO (CILINDRO)

La misión de este postizo es elevar la entrada del metal fundido (en nuestro caso agua) al nivel del postizo de la pieza. Además, en su superficie tiene una geometría favorable para recoger el metal fundido e incorporarlo a la cavidad. El diámetro del cilindro se ha calculado en base al cilindro del tubo de llenado, haciéndolo un poco más pequeño que éste para que el metal no pueda salir fuera de la cavidad al llegar al molde. Aproximadamente, el diámetro del cilindro es de unos 75 mm. Esta queda especificada en los planos del proyecto.

La geometría del postizo también cuenta con escalones, al igual que los vientos, que ayudan a la colocación del mismo en el molde. Además cuenta con un macho que al encajarse en el molde, evita que el cilindro gire y así se asegura que la superficie de entrada está correctamente orientada siempre hacia la cavidad del molde. En su parte inferior también cuenta con un agujero para el atornillado a la parte móvil del molde.

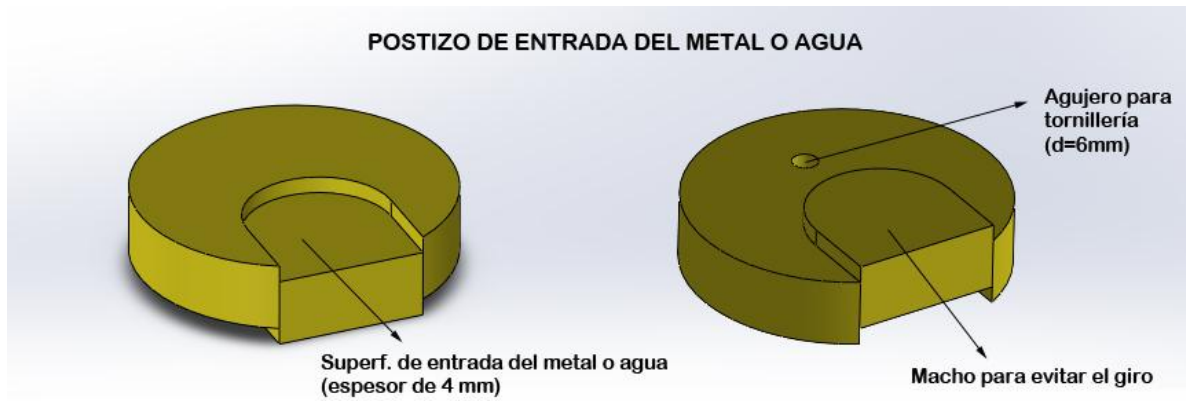


Figura 2.47: Postizo de entrada a la cavidad del molde (cilindro).

Por último se incluye una imagen del ensamblaje de todas las partes y postizos para formar, por ejemplo, la configuración de llenado de 90°, sin incluir la parte fija del molde, que se describe al final del capítulo.

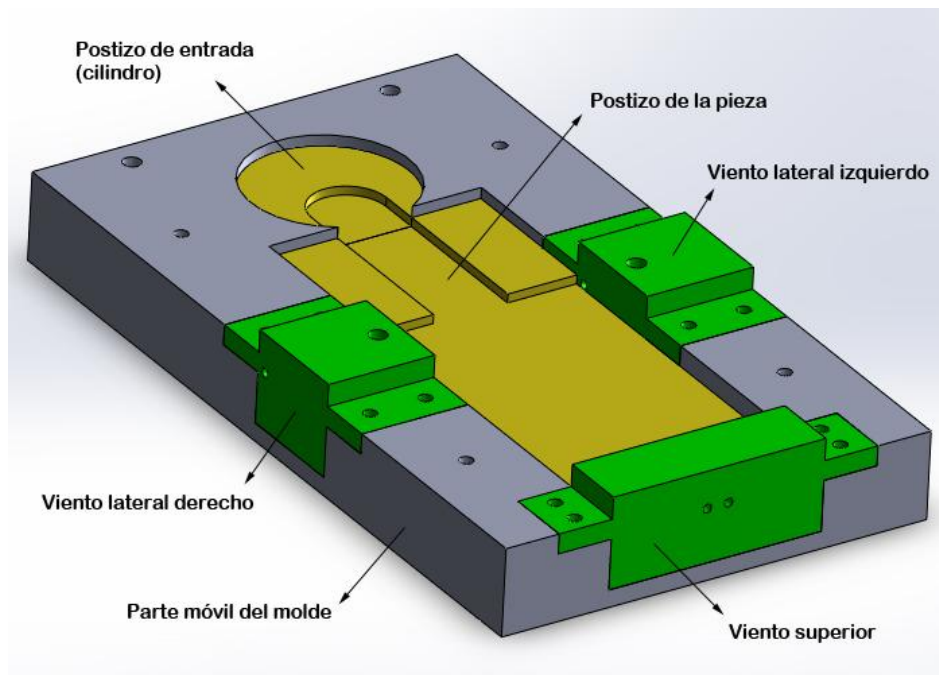


Figura 2.48: Ensamblaje de la configuración de llenado de 90° (horizontal).

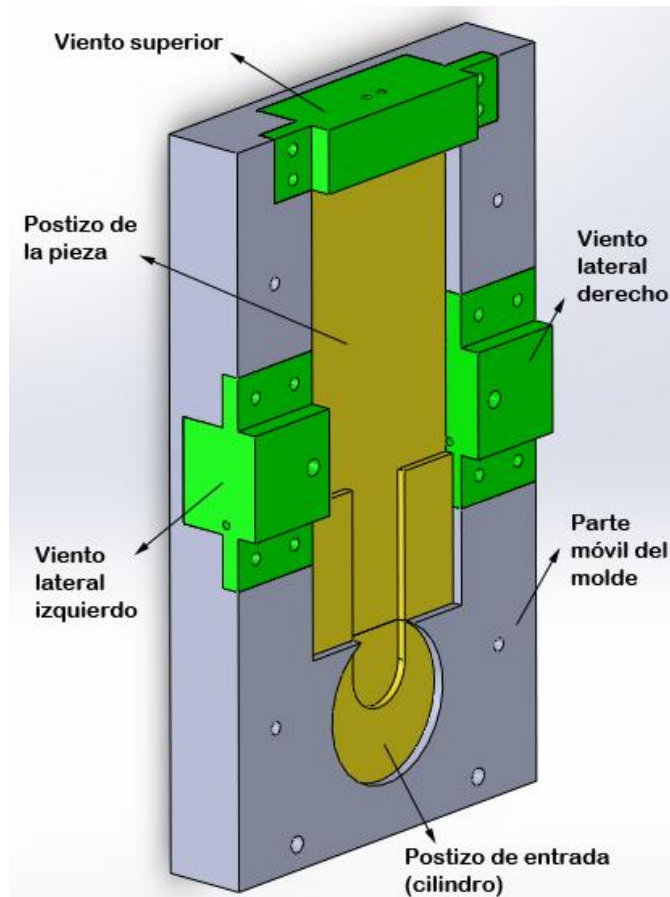


Figura 2.49: Ensamblaje de la configuración de llenado de 90° (vertical: posición real).

2.5.2. Molde para piezas de 12 mm de espesor

Tal y como se ha explicado anteriormente, el hecho de incluir en los diseños una opción de 12 mm de espesor se debe a que ello nos permite realizar distintos llenados de la cavidad a lo largo del espesor de la misma.

Por tanto, al tener un espesor de 12 mm y realizar la colada con un espesor de 4 mm tenemos dos opciones: llenar la cavidad por su zona central de 4 mm o llenarla junto a la pared del molde, es decir, por una de las superficies exteriores de la pieza.

A su vez, también hemos incluido las dos geometrías más comunes de llenado en la configuración de llenado a través de los 4 mm centrales de la cavidad.

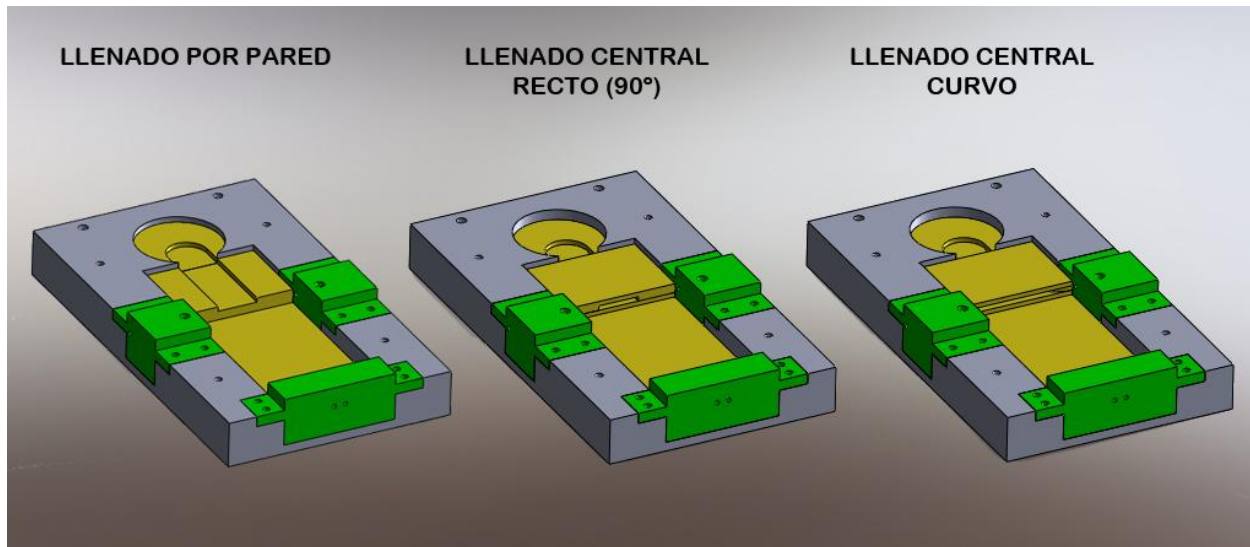


Figura 2.50: Configuraciones de llenado con espesor de 12 mm del molde de metacrilato.

Como se puede observar en las imágenes, en el caso del llenado por la pared de la pieza, se emplea el mismo postizo de llenado (cilindro) que en las configuraciones de la placa de 4 mm. Por otro lado, en las dos configuraciones restantes, es necesario el diseño de un postizo con la misma forma pero 4 mm más corto, para posibilitar que el agua entre por la ranura de llenado.

Cabe destacar, que para la configuración de llenado por la pared, se podrían diseñar las mismas geometrías de llenado que las que se diseñaron para la placa de 4 mm. Nosotros, de momento, hemos incluido la más general pudiéndose, si resultara conveniente, ampliar el número de configuraciones en un futuro.

→ POSTIZOS DE LA PIEZA

En el caso del llenado por la pared, el postizo está formado por una única pieza, mientras que en los otros dos casos cada postizo necesita de dos piezas para que se pueda obtener esa geometría de llenado, ya que es muy difícil fabricarlos en una sola pieza con la ranura de 4 mm de espesor.

En la siguiente imagen se observan los postizos de las configuraciones de llenado por el espesor central de la cavidad, los cuales están formados por dos piezas que han de pegarse mediante algún tipo de adhesivo que sea transparente para no interferir en las fotografías de los ensayos.

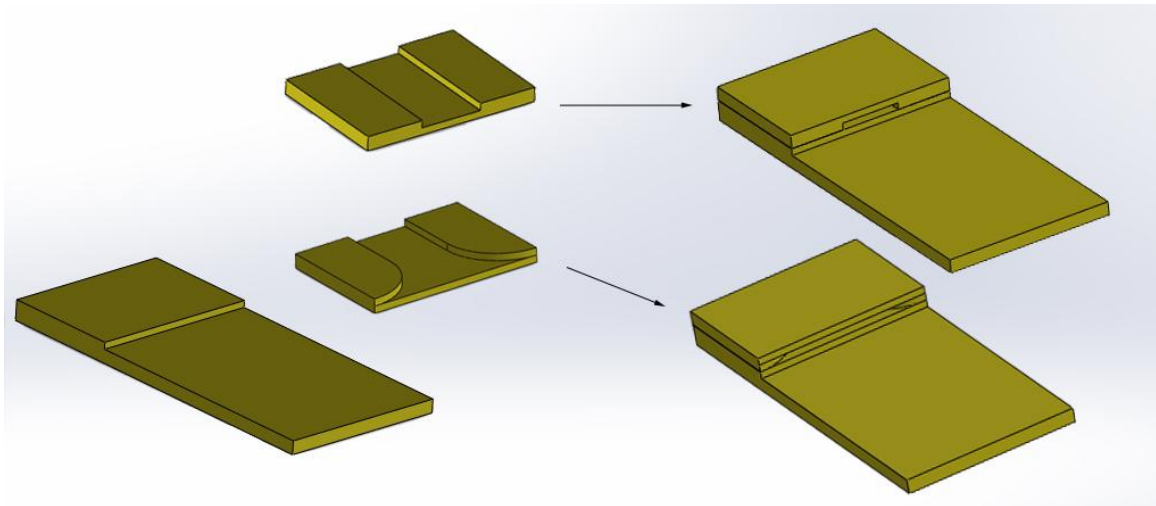


Figura 2.51: Postizos de la pieza formados por dos partes.

El método de agarre de estos postizos con la parte móvil del molde se realiza igual que en los postizos de las configuraciones de espesor de 4 mm, es decir, mediante dos tornillos situados en las zonas del postizo donde no se interfiere a las fotografías de los ensayos. Se muestra en la siguiente figura, tomando como ejemplo el tercer postizo.

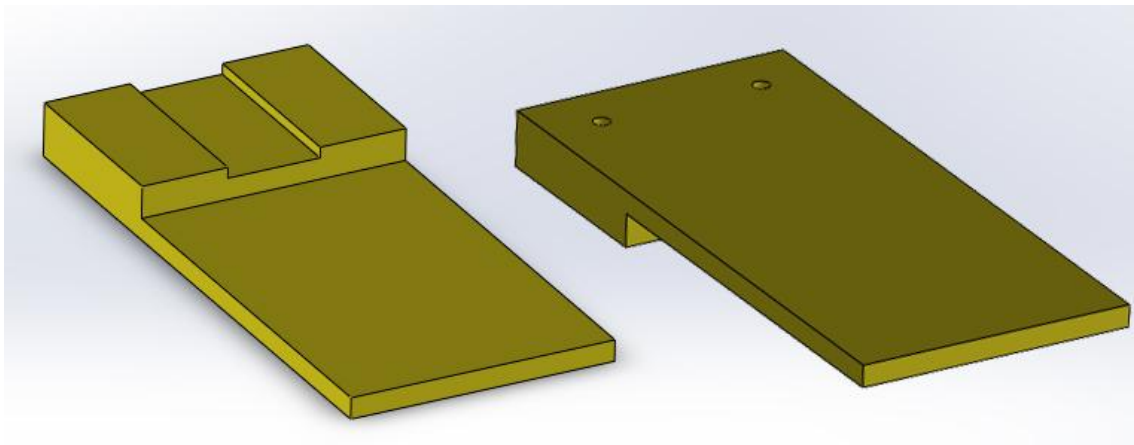


Figura 2.52: Parte superior e inferior del postizo de llenado por pared.

➔ POSTIZO DE LLENADO (CILINDRO)

La función que realiza este postizo se ha explicado anteriormente para el caso de las configuraciones de 4 mm de espesor. En este caso, se incluyen unas imágenes detalladas de la función del postizo.

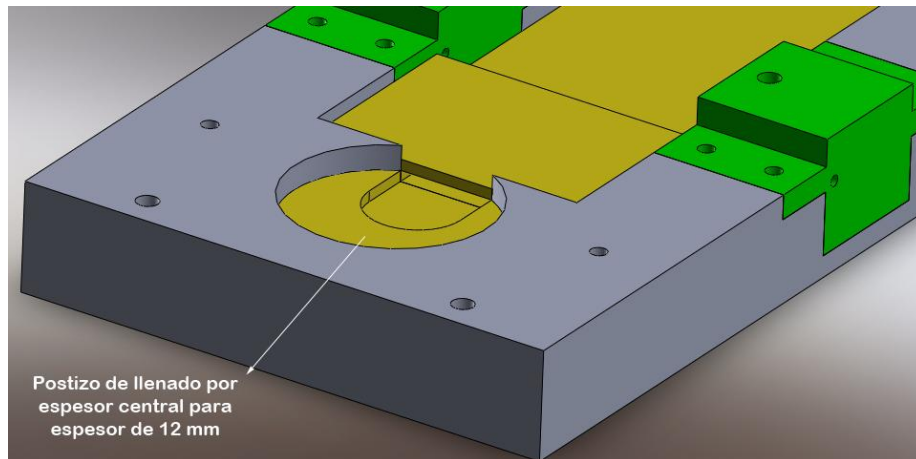


Figura 2.53: Detalle del postizo de llenado por espesor central de la cavidad con espesor de 12 mm.

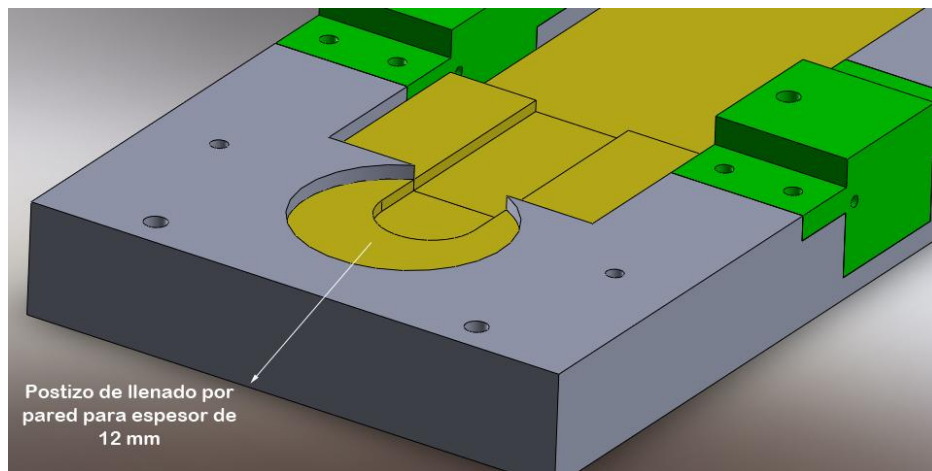


Figura 2.54: Detalle del postizo de llenado por pared para la cavidad con espesor de 12 mm.

➔ PARTE FIJA DEL MOLDE

Esta parte del molde es la que cierra el conjunto, dejando la cavidad objeto de ensayo en el interior del molde. Se emplea la misma pieza para las configuraciones de espesor de 4 mm que para las de 12 mm.

La importancia de esta pieza es muy grande debido a que el tubo por donde se inyecta el agua conecta directamente con esta pieza, se acopla en ella y debe proporcionar una unión lo más homogénea posible. Así deberá conseguir que no haya ninguna fuga de agua en el proceso de inyección de la misma hacia el interior del molde.

El orificio que tiene la pieza para la introducción del tubo de inyección se ha diseñado tomando el diámetro del tubo que se va a emplear, garantizando así el ajuste del tubo en el molde, evitando fugas de agua en nuestro caso. Además de este orificio, la pieza cuenta con los correspondientes agujeros para el amarre de los distintos

postizos, agujeros para su acoplamiento con la parte móvil del molde y agujeros para las varillas de acoplamiento en el banco de ensayo.

Cabe destacar que en su cara frontal cuenta con un macho que encaja perfectamente en la cavidad de la parte móvil del molde, proporcionando un ensamblaje perfecto.

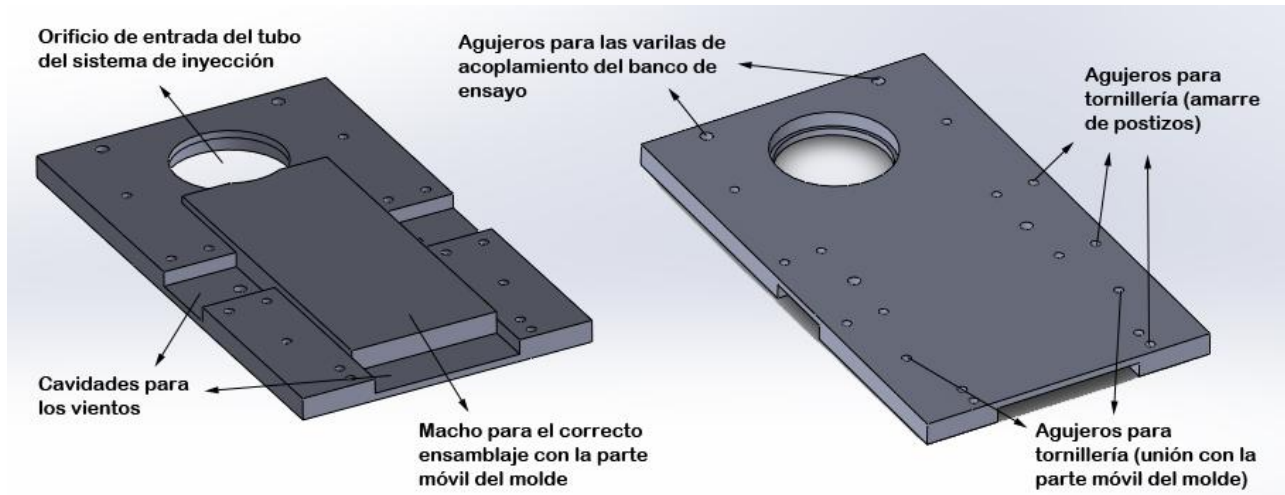


Figura 2.55: Parte fija del molde de metacrilato.

Por último, se incluyen unas imágenes del conjunto del molde y de detalle de la zona de entrada del agua al molde.

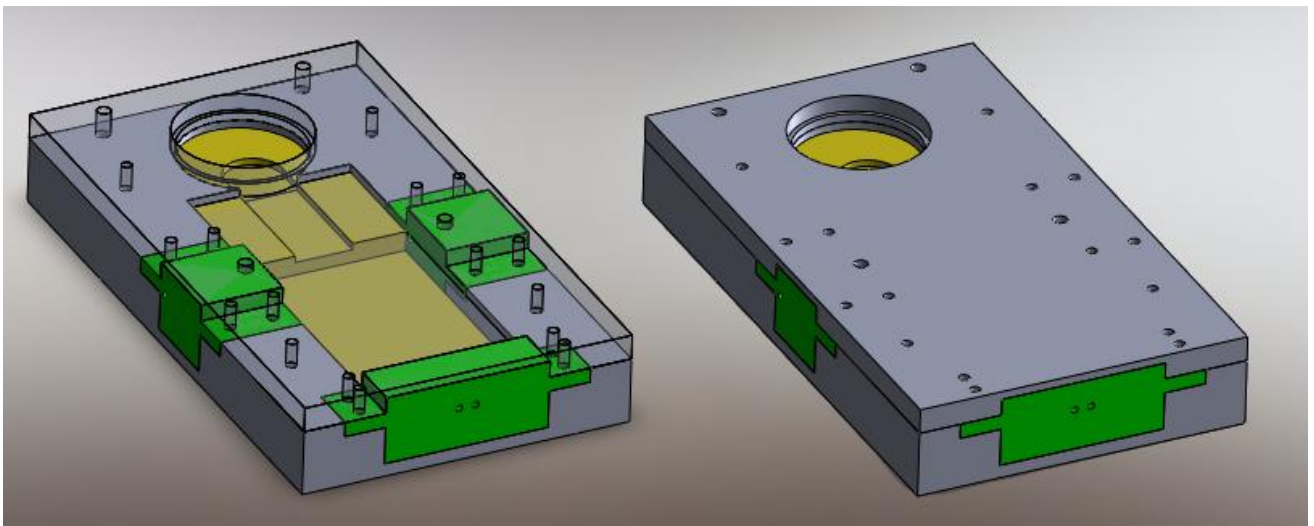


Figura 2.56: Conjunto del molde de metacrilato.

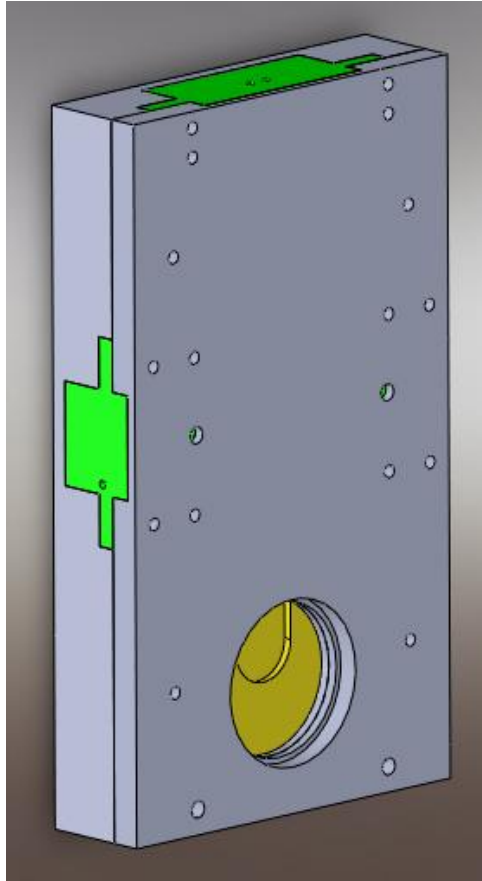


Figura 2.57: Conjunto del molde de metacrilato en posición real (vertical).

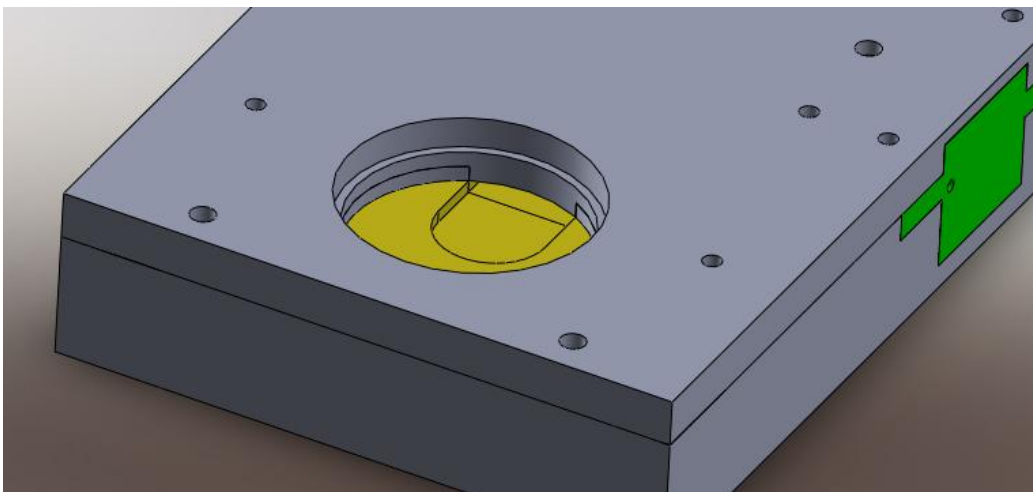


Figura 2.58: Detalle del orificio de entrada del molde de metacrilato.

CAPÍTULO 3

Fabricación asistida por ordenador (CAM) y obtención de programas CNC mediante CamWorks

3.1. Fabricación asistida por ordenador (CAM)

En paralelo al desarrollo de las aplicaciones de diseño asistido por ordenador, se han desarrollado también otras de simulación, modelización y manufactura de productos (*Computer Aided Manufacturing - CAM*). La fabricación asistida por ordenador ofrece significativas ventajas con respecto a los métodos más tradicionales de control de equipos de fabricación. Por lo general, los equipos CAM conllevan la eliminación de los errores del operador y la reducción de los costes de mano de obra. Esta evolución, ha ido paralela al aumento de la capacidad de proceso y a la facilidad de uso de los ordenadores, avanzando notablemente desde la llegada de los PCs.

3.1.1. Uso combinado de CAD/CAM

Debido a sus evidentes ventajas, se suele integrar el diseño y la fabricación asistidos por ordenador mediante el empleo combinado de CAD/CAM. Esta combinación permite la transferencia de información, desde la etapa de diseño a la etapa de planificación para la fabricación de un producto, sin necesidad de volver a capturar manualmente los datos geométricos de la pieza. La base de datos que se desarrolla durante el CAD es procesada por el CAM para obtener los datos y las instrucciones necesarias para operar y controlar la maquinaria de producción, el equipo de manejo de materiales y las pruebas e inspecciones automatizadas, para establecer la calidad del producto.

Una de las funciones más relevantes de un sistema CAD/CAM, es la capacidad de simular la trayectoria de la herramienta en la operación de mecanizado, mediante la programación de la estrategia de trayectoria y demás parámetros que definen cada una de las operaciones que intervienen en el proceso. Por ejemplo, un sistema CAD/CAM puede generar el programa de control numérico necesario para controlar de forma autónoma operaciones de torneado, fresado y agujereado, de forma interpolada y repetitiva, de acuerdo a un plan de trabajo definido por su operador.

Las instrucciones que se generan en el ordenador se pueden modificar tantas veces como sean necesarias, para optimizar la trayectoria de la herramienta. Ahí reside la utilidad de la simulación, que en definitiva es una modelización virtual animada de las operaciones de producción. Mediante ésta, el ingenio o el técnico, pueden entonces mostrar y comprobar visualmente si la trayectoria presenta inconsistencias o posibles colisiones con prensas, soportes u otros objetos.

Todo lo descrito anteriormente, se puede llevar a cabo gracias a la unión de una serie de componentes que rigen los sistemas CAD/CAM y hacen posible su utilización de manera conjunta y efectiva. Estos se indican en la figura siguiente.



Figura 3.1: Componentes de los sistemas CAD/CAM.

El diseño y la fabricación asistidos por ordenador (CAD/CAM) es una disciplina que estudia el uso de sistemas informáticos como herramienta de soporte en todos los procesos involucrados en el diseño y fabricación de cualquier tipo de producto. Esta disciplina se ha convertido en un requisito indispensable para la industria actual, que se enfrenta a la necesidad de mejorar la calidad, disminuir los costes y acortar los tiempos de diseño y producción. La única alternativa para conseguir este triple objetivo es la de utilizar la potencia de las herramientas informáticas actuales e integrar todos los procesos, para reducir los costes (de tiempo y dinero) en el desarrollo de los productos y en su fabricación.

El uso cooperativo de herramientas de diseño y de fabricación ha dado lugar a la aparición de una nueva tecnología denominada “Fabricación Integrada por Ordenador” e incluso se habla de la “Gestión Integrada por Ordenador” como el último escalón de automatización hacia el que todas las empresas deben orientar sus esfuerzos. Para llegar a este lugar sería necesario integrar, además de los procesos de diseño y fabricación, los procesos administrativos y de gestión de la empresa.

En la práctica, el CAD/CAM se utiliza de distintas formas, para producción de dibujos y diseño de documentos, animación por computador, análisis de ingeniería, control de procesos, control de calidad, etc. Por tanto, para clarificar el ámbito de las técnicas CAD/CAM, las etapas que abarca y las herramientas actuales y futuras, se hace necesario estudiar las distintas actividades y etapas que deben realizarse en el diseño y fabricación de un producto.

Para convertir un concepto o idea en un producto, se pasa por dos procesos principales, el de diseño y el de fabricación. A su vez, el proceso de diseño se puede dividir en una etapa de síntesis, en la que se crea el producto y una etapa de análisis en la que se verifica, optimiza y evalúa el producto creado. Una vez finalizadas estas etapas se aborda la etapa de fabricación en la que, en primer lugar se planifican los procesos a realizar y los recursos necesarios, pasando después a la fabricación del producto. Como último paso se realiza un control de calidad del producto resultante antes de pasar a la fase de distribución y marketing.

Dentro del ciclo de producto descrito se ha incluido un conjunto de tareas agrupadas en proceso CAD y otras en proceso CAM, que, a su vez, son subconjuntos del proceso de diseño y proceso de fabricación respectivamente.

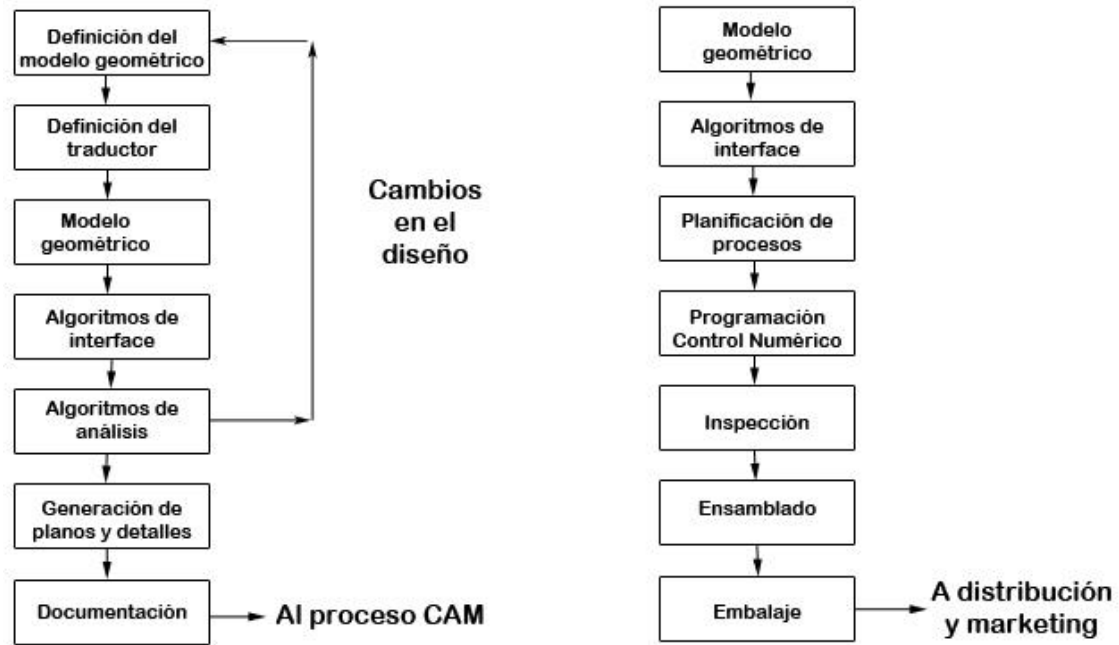


Figura 3.2: a) Proceso del CAD; b) Proceso del CAM

Debido a la demanda del mercado de productos cada vez más baratos, de mayor calidad y cuyo ciclo de vida se reduce cada vez más, se hace necesaria la intervención de los ordenadores para poder satisfacer estas exigencias. Mediante el uso de técnicas de CAD/CAM se consigue abaratar costes, aumentar la calidad y reducir el tiempo de diseño y producción. Estos tres factores son vitales para la industria actual.

En definitiva, la estrecha relación de los diseños asistidos por ordenador con la fabricación asistida por ordenador provoca una mayor influencia mutua entre ambas áreas. Así, con el CAD/CAM, tanto los diseñadores por un lado como los planificadores de la producción y los programadores de CN por el otro, disponen de un dispositivo de trabajo con el cual:

- Se pueden acortar notablemente los tiempos de desarrollo, planificación y fabricación de los productos.
- Mejora la calidad de los distintos componentes del producto acabado.

3.1.2. Sistemas CAM en el proceso de producción

Una de las posibles definiciones que se ajustan a un sistema CAM es la del uso de sistemas informáticos para la planificación, gestión y control de las operaciones de una planta de fabricación mediante una interfaz directa o indirecta entre el sistema informático y los recursos de producción. Así pues, las aplicaciones del CAM pueden, atendiendo a esta definición, dividirse en dos categorías:

- **Interfaz directa:** son aplicaciones en las que el ordenador se conecta directamente con el proceso de producción para monitorizar su actividad y realizar tareas de supervisión y control. Así pues estas aplicaciones se dividen en dos subgrupos:
 - Supervisión: implica un flujo de datos del proceso de producción al ordenador con el propósito de observar el proceso y los recursos asociados y recoger datos.
 - Control: supone un paso más allá que la supervisión, ya que no solo se observa el proceso, sino que se ejerce un control basándose en dichas observaciones.
- **Interfaz indirecta:** se trata de aplicaciones en las que el ordenador se utiliza como herramienta de ayuda para la fabricación, pero en las que no existe una conexión directa con el proceso de producción.

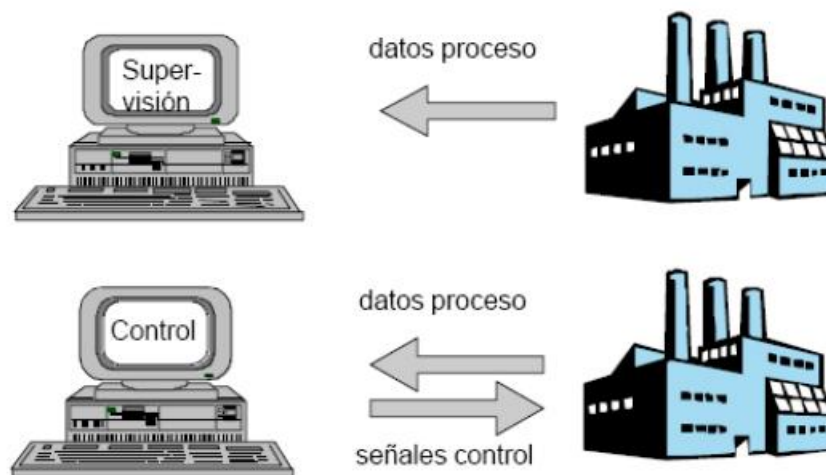


Figura 3.3: Tipos de aplicaciones CAM en función de su relación con el proceso de producción.

El empleo de los sistemas CAD/CAM de manera combinado en los procesos de producción en la industria conlleva, entre otras, las siguientes ventajas:

- ✓ Se reducen los tiempos muertos.
- ✓ Se facilita la valoración de soluciones alternativas para la reducción de precios o mejora de funciones.
- ✓ Se facilitan los cálculos previos y posteriores de los precios así como su control constante y configuración.
- ✓ Nos permite la optimización de la distribución del grado de utilización de las máquinas.
- ✓ Se consigue mayor flexibilidad en la producción
- ✓ Reducción en los costes de fabricación.
- ✓ Aumento en la calidad de la fabricación.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la instalación de estos sistemas requiere una alta inversión inicial e implica la necesidad de un adecuado entrenamiento y aprendizaje por parte del profesional que manejará el sistema.

3.1.3. Prestaciones y secuencia del proceso en los sistemas CAM

Por último, cabe destacar los distintos tipos de opciones que nos ofrecen los sistemas CAM en función de las prestaciones que ofrecen o las funciones que realizamos con ellos. Actualmente, la mayoría de software CAM nos ofrecen una gran flexibilidad de trabajo, pudiendo utilizar todas las posibilidades que enumeramos a continuación de manera totalmente libre. El usuario puede cargar automáticamente las trayectorias y parámetros del mecanizado mediante el programa, modificar estos parámetros creados por el programa a su gusto o definir las operaciones y parámetros de manera totalmente manual desde cero.

- Sistemas que facilitan la codificación de instrucciones:
 - Se utiliza un interfaz fácil de manejar.
 - El usuario indica gráficamente las trayectorias que desea sobre un modelado CAD.
 - El código es generado automáticamente.
- Sistemas que generan automáticamente las trayectorias para las herramientas:
 - El usuario indica las superficies a mecanizar, herramientas a utilizar y otros datos.
 - El programa genera las trayectorias.
 - El programa también genera el código para la máquina de CN.
- Sistemas que permiten simular el resultado de un proceso mecanizado:
 - Las trayectorias pueden ser generadas manual o automáticamente.
 - Dos posibles formas de ver los resultado
 - Dibujo de las trayectorias seguidas por la herramienta.
 - Representación de la pieza tras el mecanizado.
- Sistemas que permiten detectar colisiones:
 - Considerando la herramienta en su soporte y la pieza a mecanizar.
 - Considerando también la mesa, las sujeciones y los elementos del entorno.

Una vez definidas las opciones de trabajo que proporciona un sistema CAM, tan solo nos queda definir la secuencia del proceso CAD/CAM para mecanizar una determinada pieza.

1. Dibujar en el sistema CAD la geometría necesaria para la configuración de las operaciones de mecanizado.
2. Seleccionar el CNC de nuestra máquina herramienta.
3. Especificar la información de configuración del CNC.
4. Definir las herramientas y sus parámetros.
5. Construir los contornos necesarios para las operaciones de mecanizado.
6. Generar los caminos de herramienta.
7. Postprocesar el fichero CAM para obtener el código de programa de CN.

En cualquier momento se puede modificar cualquier paso de forma realmente sencilla, lo que supone la mayor ventaja de la programación CAD/CAM. La configuración de las operaciones es, pues, independiente del control específico con el que posteriormente se mecanizará la pieza. Asimismo se puede optimizar el proceso de mecanizado planteando diferentes alternativas (herramientas, velocidades, avances, etc.) y seleccionando al final aquellas que mayor rendimiento aporten.

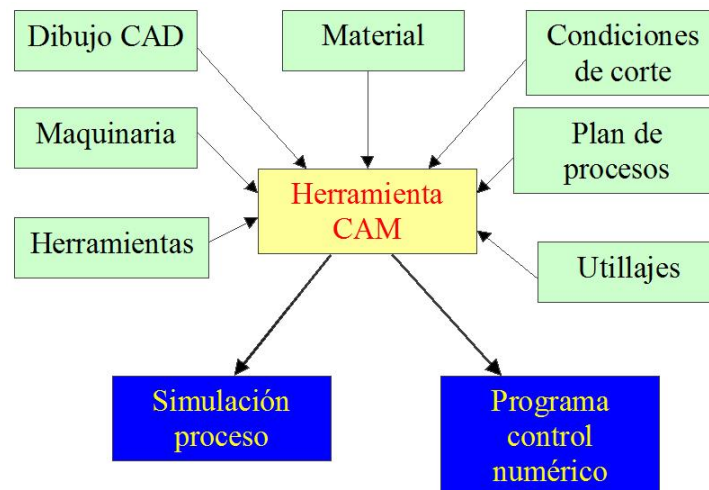


Figura 3.4: Esquema de los parámetros que intervienen en el sistema CAM.

Estos pasos se aplican a todos los tipos de procesos donde se aplica ventajosamente la programación CAD/CAM 2D, tales como fresado, torneado, punzonado...

3.2. Uso de CamWorks para la fabricación asistida por ordenador

De cara a la fabricación del molde de metacrilato, llevada a cabo en el taller de la UPCT, se ha decidido emplear el software para fabricación asistida por ordenador (CAM) CamWorks. La elección de este programa y no otro se debe a dos principales criterios:

- Este programa ya se utilizó en la asignatura optativa de Fabricación Asistida por Ordenador y ello supone una ventaja frente a la utilización de cualquier otro. Así, ya se ha tenido contacto con el programa y nos ahorramos el tiempo de familiarización con el programa.
- Hay mucha variedad de programas CAM, pero al haber utilizado SolidWorks para el diseño de los moldes, es casi obligado, por facilidad, utilizar programas que sean extensiones de éste. Así lo podemos realizar todo en la misma interfaz y, además, nos permite realizar modificaciones en el diseño que automáticamente modifican los caminos de herramienta generados por CamWorks.

Por su parte, la integración del CamWorks es una de las soluciones CAM para SolidWorks considerada como la solución más avanzada de CAM disponible para el mecanizado de sólidos. CamWorks es también la primera solución de CAM que ofrece reconocimiento de características, basado en el conocimiento y capacidades de mecanizado asociativas dentro del entorno de SolidWorks. Esta integración significa que cuando se está utilizando SolidWorks, el árbol de mecanizado y comandos de CamWorks están disponibles con sólo hacer un clic. No se necesita salir de SolidWorks para generar caminos de herramienta. CamWorks utiliza la misma geometría de SolidWorks para generar caminos de herramienta, asegurándose así que la pieza que se mecaniza es la misma que se ha modelado y, además, eliminando las transferencias de archivos que tanto tiempo consumen (tales como IGES y SAT).

El mecanizado basado en el reconocimiento y la base de datos tecnológica (TechDB) son propiedad de TekSoft. Esta base de datos es de Microsoft Access y compone la inteligencia tras la automatización del mecanizado en CamWorks. Utilizando la tecnología de mecanizado basada en el reconocimiento, las herramientas, condiciones de corte y operaciones son asociadas con las características definidas por la función del Reconocimiento de Rasgos Mecanizables y las operaciones son generadas automáticamente. Tras esto, se generan los caminos de herramientas. Para mayores mejoras el proceso de automatización, las reglas basadas en el reconocimiento en la Base de Datos Tecnológica son completamente personalizadas para representar el entorno de mecanizado actual.

CAMWorks es una solución CAM intuitiva basada en sólidos que permite a los fabricantes aumentar la productividad y la rentabilidad gracias al uso de las mejores

tecnologías y de herramientas de automatización adaptables que, a pesar de su sencillo uso, permiten realizar un mecanizado de máxima eficacia.

Para iniciar en CamWorks es necesario contar con una pieza previamente elaborada en SolidWorks o importarla de otro software de CAD.

CamWorks tiene una base de datos tecnológica, donde se encuentran las herramientas, a las cuales se les asignan automáticamente las rpm y los avances de corte, parámetros que pueden ser modificados manualmente. También cuenta con diferentes tipos de materiales, carruseles de herramientas (*tool crib*) y varios controladores de diferentes máquinas para el postprocesado.

Para verificar la fabricación de las piezas en el ordenador, el software simula los procesos de mecanizado y posteriormente realiza el postprocesado, generando así los archivos de control numérico que serán enviados a la máquina para fabricar la pieza diseñada.

Antes de comenzar a explicar nuestro caso particular, indicamos a continuación los pasos que se suelen seguir hasta llegar a tener el programa de CN para la fabricación de nuestra pieza. Estos pasos pueden realizarse de manera automática o manual, lo que da bastante flexibilidad a la hora de establecer los parámetros de mecanizado.

1. Obtener el modelo de la pieza en SolidWorks.
2. Seleccionar el modo de trabajo de CamWorks.
3. Definir la máquina, controlador y torreta de herramientas.
4. Definir las dimensiones y tipo de material a mecanizar.
5. Reconocer y extraer la geométrica de la pieza.
6. Generar el plan de operaciones de mecanizado.
7. Ajustar los parámetros para el mecanizado.
8. Generar los caminos de herramienta.
9. Simulación del proceso de mecanizado, comprobando el resultado final.
10. Postprocesado: generar el código de CN.

3.3. Proceso de obtención de programas de CN del molde diseñado mediante CamWorks.

En este apartado, explicaremos el modo de trabajo en CamWorks hasta obtener los códigos de CN de las distintas piezas de nuestro molde. A su vez, iremos especificando las principales funciones que nos ofrece el software CamWorks.

Como ejemplo, ilustraremos el proceso completo para todas las piezas que componen la configuración de llenado recto para cavidad de 4 mm de espesor.

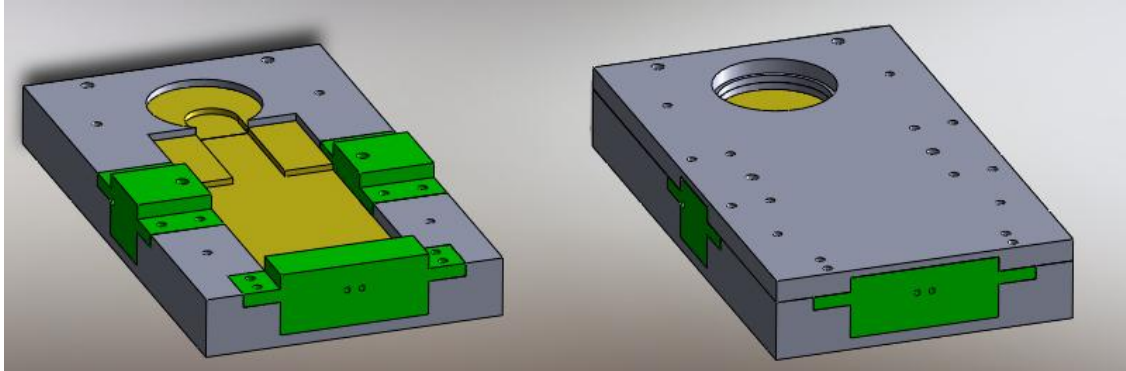


Figura 3.5: Configuración de ejemplo para obtención de programas de CN.

En este apartado describiremos detalladamente cómo se han realizado todos los pasos anteriores y la obtención del programa de CN para la parte móvil del molde, ya que es la más compleja y la que más complicaciones puede tener de todas las que forman esta configuración. Por último, se adjuntarán las imágenes de las demás piezas sin describir el proceso seguido, ya que será el mismo que para la pieza descrita.

3.3.1. Obtener el modelo de la pieza en SolidWorks

En este caso abrimos la pieza diseñada en SolidWorks y pasamos al entorno del CamWorks para empezar a trabajar con ella.

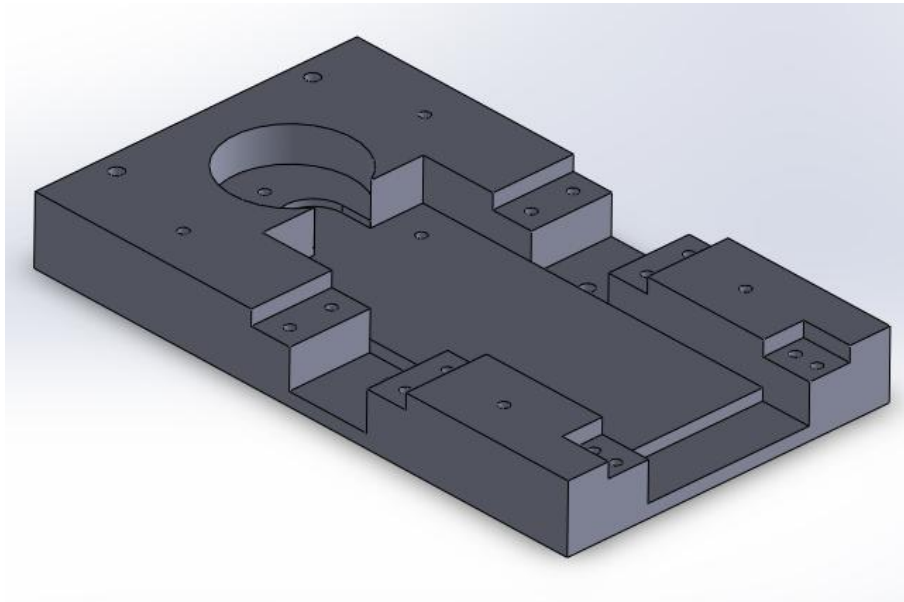


Figura 3.6: Vista 3D de la pieza (parte móvil del molde) diseñada en SolidWorks.

3.3.2. Seleccionar el modo de trabajo de CamWorks

Una de las más importantes comodidades que tenemos al trabajar con CamWorks, es que para comenzar a utilizarlo, una vez instalado, únicamente debemos seleccionar la pestaña correspondiente a esta extensión y además con la instalación se nos incorporan dos pestañas en la zona de árbol de SolidWorks.

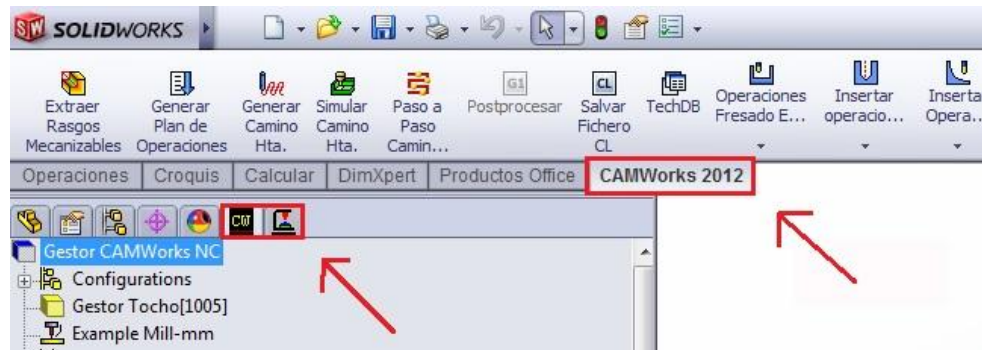


Figura 3.7: Pestañas para la utilización del CamWorks en la interfaz de SolidWorks.

3.3.3. Definir la máquina, el controlador y la torreta de herramientas

- Selección de la máquina:

Como se ha indicado anteriormente, el CamWorks es ideal, fundamentalmente, para trabajar con operaciones de fresado, torneado y punzonado. En nuestro caso, obviamente, necesitamos mecanizar la pieza con operaciones en la fresadora. Como se observa en la figura anterior, nuestras piezas no contienen geometrías curvas que requieran un *fresado en 5 ejes*. En todas nuestras piezas, las operaciones de mecanizado son de fresado de 2,5 ejes. Por tanto, seleccionamos la máquina fresadora estándar, de 3 ejes, con programación en mm.

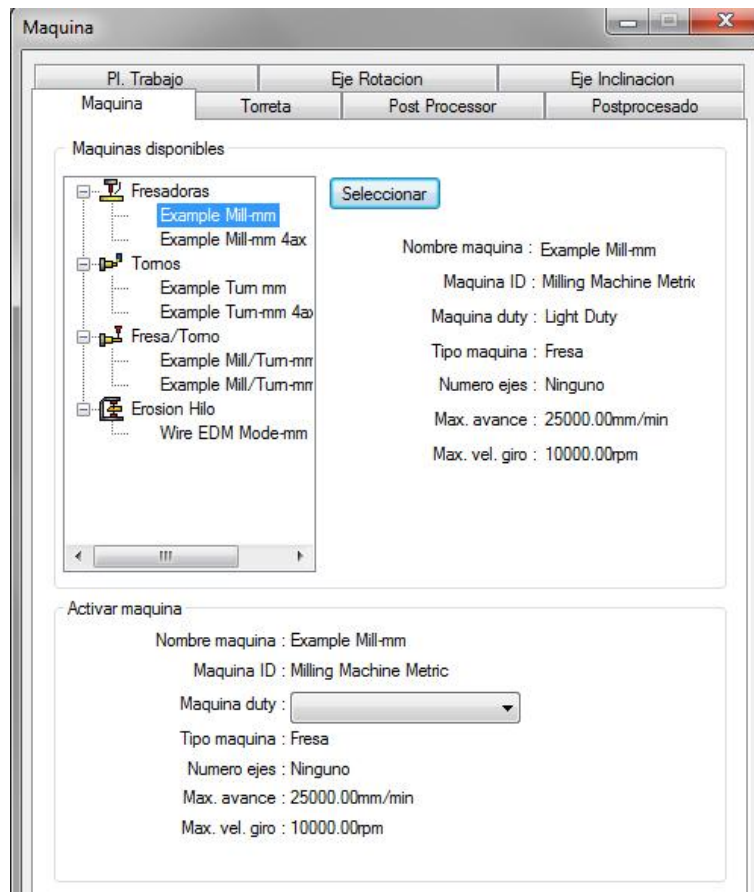


Figura 3.8: Ventana de selección de la máquina en CamWorks.

- Selección de la torreta de herramientas:

A la hora de seleccionar la torreta de herramientas, seleccionamos la que viene por defecto ya que contiene suficientes herramientas de distintos diámetros que nos valen para nuestro caso. En cualquier caso, el software nos permite añadir nuestras propias herramientas en cualquier momento, de manera los caminos de herramienta y la simulación las realiza según las dimensiones y características que nosotros introduzcamos. Lo más útil habría sido crear una nueva torreta con nuestras herramientas ya definidas y así únicamente tenemos para elegir las herramientas que realmente vamos a utilizar. Finalmente no se realizó así ya que al empezar el diseño no sabíamos que herramientas había disponibles en el taller ni cuales iban a ser las idóneas, lo cual fuimos decidiendo conforme avanzábamos en el proceso de generación de los caminos de herramienta.

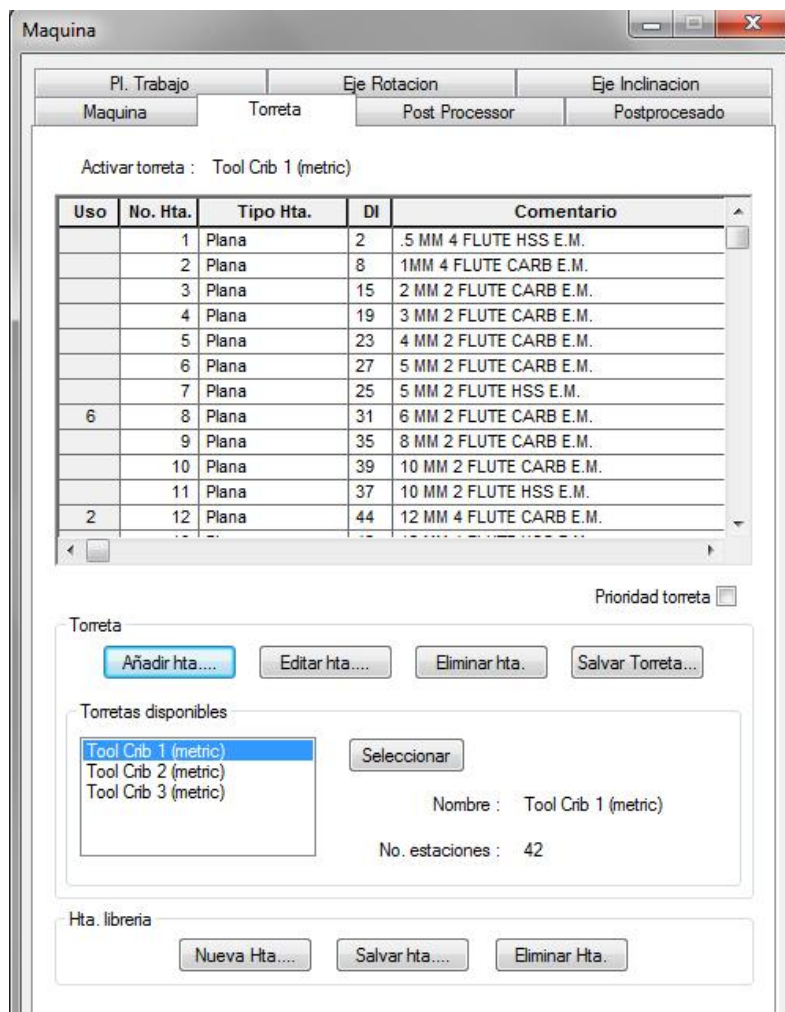


Figura 3.9: Ventana de selección de la torreta de herramientas en CamWorks.

- Selección del control de postprocesado:

Para el postprocesado de los programas de CN, CamWorks nos ofrece por defecto una serie de controles con los que podemos trabajar. Sin embargo, lo ideal es cargar el control de la máquina real que vamos a emplear para el mecanizado. Así, reducimos las posibilidades de la aparición de errores de programación al introducir los programas en la máquina. Para incluir nuestro controlador de postprocesado en la base de datos de CamWorks, debemos introducir los archivos “.ctl” y “.lng” en la carpeta “Post” del directorio donde está instalado CamWorks. En nuestro caso se trata de un control Siemens.

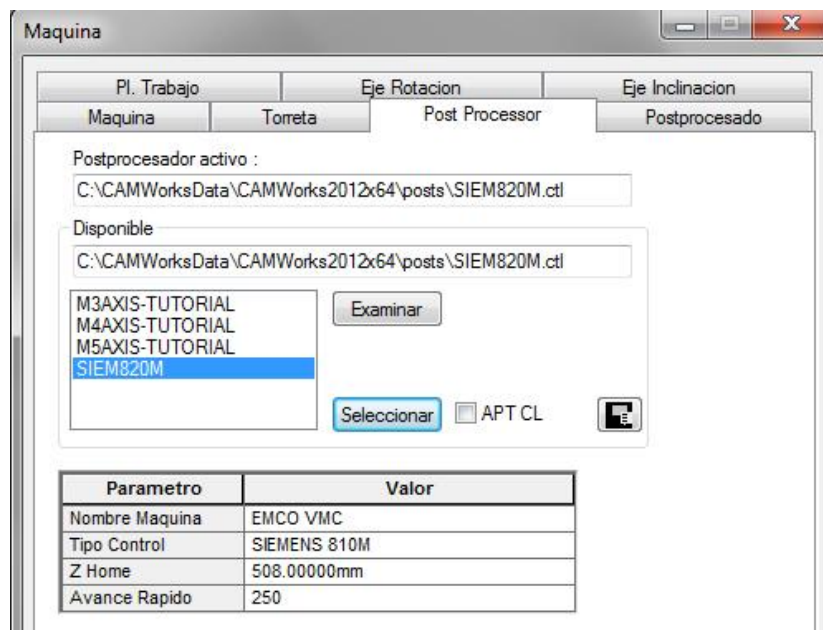


Figura 3.10: Ventana de selección del control de postprocesado en CamWorks.

La selección de estos tres parámetros es común para todas las piezas de nuestro molde debido a que esta selección es referente a la máquina y en nuestro caso empleamos la misma para el mecanizado de todas las piezas.

3.3.4. Definición de las dimensiones (tocho) y el material a mecanizar

Para el mecanizado de las piezas, contábamos con dos tipos de espesores de las planchas de metacrilato:

- Bloque de espesor de 50 mm: para el mecanizado de la parte móvil del molde (espesor máx. de 40 mm) y los vientos (espesor máx. de 50 mm).
- Plancha de espesor de 20 mm: para el mecanizado del resto de las piezas, de las cuales ninguna supera los 20 mm de espesor.

Respecto a la selección del material para la fabricación de las piezas ya se ha justificado anteriormente el porqué de la elección del metacrilato. La principal razón es que, al ser un material transparente, es el idóneo para la realización del ensayo no destructivo de radiografiado. Además, a la hora de mecanizar, es un material mucho más cómodo que cualquier metal, ya que las medidas de seguridad no son tan severas, es un material más manejable y no tan pesado y, en definitiva, nos ofrece una gran flexibilidad a la hora de trabajar con él en el taller. Las principales características del metacrilato son:

- Mayor transparencia que la del vidrio.
- Rígido y de manejabilidad similar a la madera.
- Su peso es la mitad que el del vidrio.
- Superficies tan duras como las del aluminio.

- Entre 10 y 20 veces más resistente al impacto que el vidrio.
- Entre los plásticos, es el más resistente a la intemperie que existe.
- Gran aislante térmico y acústico.

Además, en la siguiente tabla aparecen algunas de las propiedades mecánicas más significativas del metacrilato (condiciones de 23° C y 50% de humedad relativa).

PROPIEDADES MECANICAS	Norma	Unidad	Colada	Extrusión
Densidad	DIN53479	g/cm ³	1.19	1.19
Resistencia al impacto Charpy	ISO 179 1/D	kJ/m ²	15	15
Resistencia al impacto con entalladura (Izod)	ISO 180 1/A	kJ/m ²	1.6	1.6
Resistencia a la tracción (-40 °C)	DIN53455	Mpa	110	100
Resistencia a la tracción (+23 °C)	DIN53455	Mpa	80	72
Resistencia a la tracción (+70 °C)	DIN53455	Mpa	40	35
Estiramiento a rotura	DIN53455	%	5.5	4.5
Coefficiente de Poisson	-	-	0.45	0.45
Resistencia a la flexión Probeta standard (80x10x4mm)	DIN53452	Mpa	115	105
Tensión por compresión	DIN53454	Mpa	110	103
Tensión de seguridad max. (hasta 40° C)	-	Mpa	5...10	5...10
Módulo de elasticidad E (Corto/largo plazo)	DIN 53457	Mpa	3300/3200	3300/3200
Módulo de torsión G en 10 Hz	DIN53445	Mpa	1700	1700
Resistencia a la fatiga en test de doblado alternativo aprx. a 10 ciclos (probeta con entalladura/sin entallad)	-	Mpa	40 / 20	30 / 10
Dureza brinell H961/30	ISO 2039-1	Mpa	200	190
Resistencia a la abrasión con 1.600 gr. de abrasivo	Similar ASTM-D673 44	%	98	98
Coefficiente de fricción plástico sobre plástico	-		0.80	0.80
Coefficiente de fricción plástico sobre acero	-		0.50	0.50
Coefficiente de fricción acero sobre plástico	-		0.45	0.45

Figura 3.11: Propiedades mecánicas del metacrilato.

Respecto al material seleccionado en la base de datos del CamWorks, al no contener metacrilato por defecto, debemos insertar el material con sus propiedades manualmente. Dado que en la base de datos de materiales del SolidWorks sí que viene incluido el metacrilato, lo seleccionamos ahí y, además, copiamos las principales propiedades en la TechDB del CamWorks. Así tendremos seleccionado el material en los dos programas que vamos a emplear.

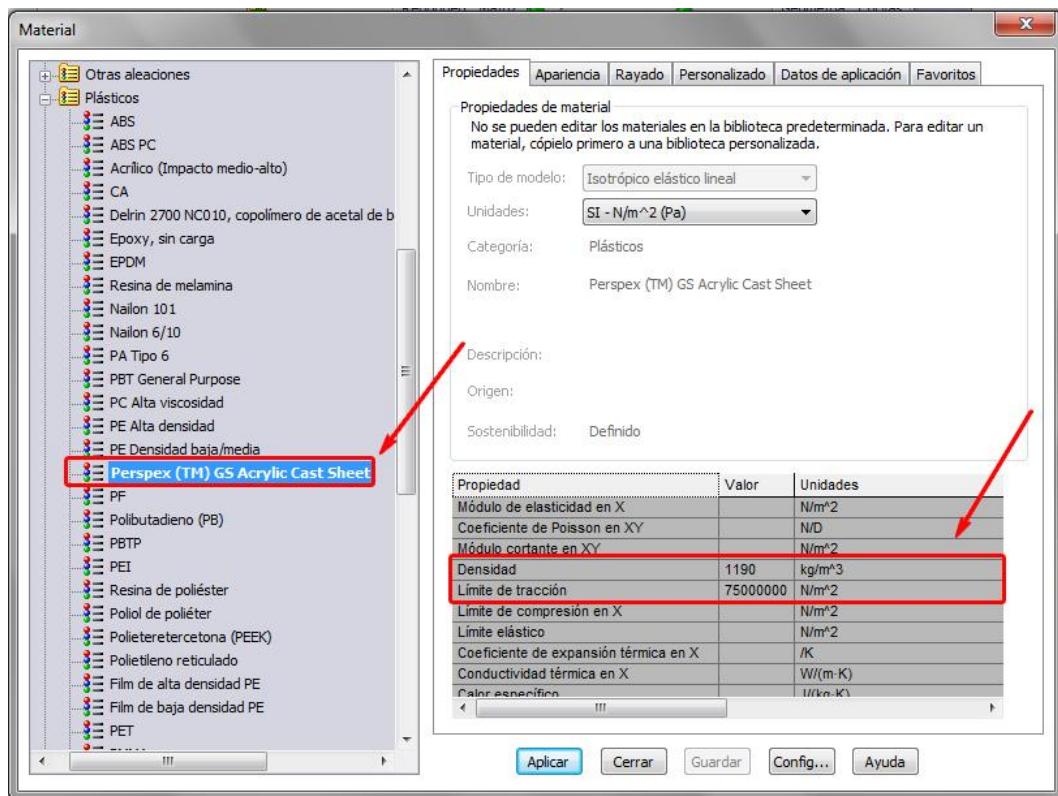


Figura 3.12: Selección del material en SolidWorks.

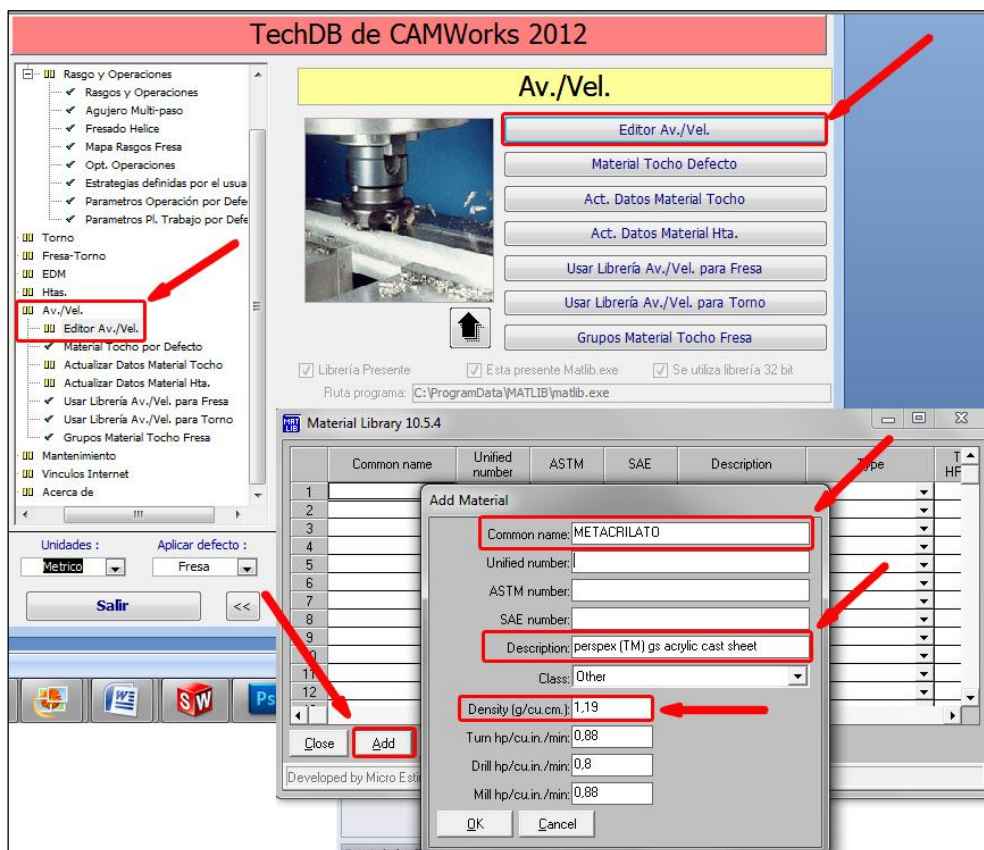


Figura 3.13: Selección del material en la TechDB de CamWorks.

El tocho de material definido es una característica que utiliza el programa para saber, a la hora de generar los rasgos y caminos de herramientas, cuánto material sobrante hay alrededor de la futura pieza. Esta herramienta es especialmente útil cuando realizamos la simulación del mecanizado, ya que nos permite ver si con el tocho que tenemos, los caminos de herramientas y las operaciones son las correctas o si debemos modificarlas antes de postprocesar.

Como partimos de un bloque de 50 mm de espesor y tenemos una pieza de espesor de 40 mm, indicamos al CamWorks que nos sobran 10 mm de espesor por la cara inferior de la pieza, que posteriormente se eliminarían mediante un planeado. En los ejes x e y añadimos 10 mm en cada sentido, ya que como mucho la herramienta saldrá 6 mm que es el radio de la fresa máxima que utilizaremos en la fabricación.

El software nos ofrece una superposición entre el tocho que hemos definido y la pieza diseñada, lo cual nos permite una medida visual del exceso de material que tendremos a la hora de mecanizar.

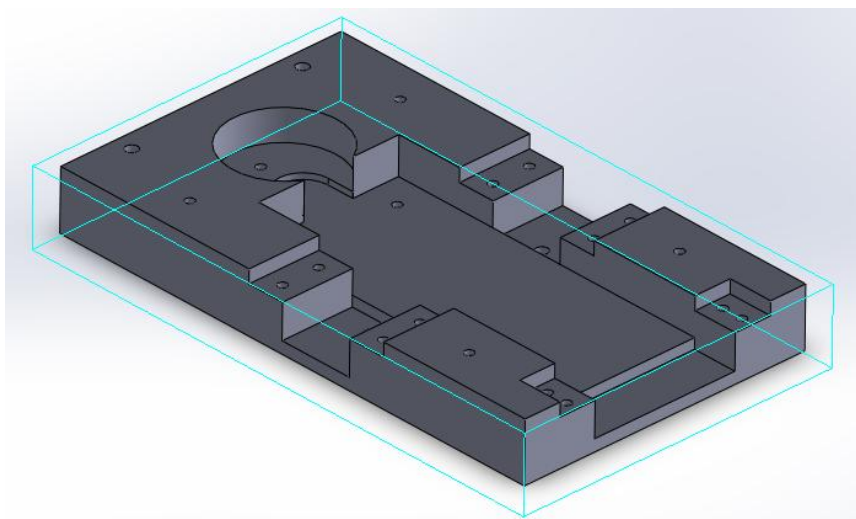


Figura 3.14: Tocho de material para la parte móvil del molde.

Una vez definido el tocho de material que tenemos, se nos genera automáticamente el primer plano de trabajo. Este plano podemos redefinirlo en cualquier momento, además de insertar todos los que creamos oportunos. Los planos de trabajo, como su nombre indica, son aquellos planos que se van a tomar como referencia a la hora de mecanizar. Normalmente, y en también en nuestro caso, no tendremos más de dos planos de trabajo por pieza. Así, las piezas se mecanizarán por su parte superior y, en aquéllas que sea necesario, por su parte inferior.

3.3.5. Reconocimiento y extracción de los rasgos mecanizables de la pieza

El reconocimiento automático de rasgos mecanizables que nos ofrece CamWorks es una herramienta muy útil con la que podemos ahorrar un tiempo importante. Sin embargo, este método automático es verdaderamente útil cuando la geometría de la pieza es más bien sencilla. En los demás casos, como por ejemplo el nuestro, es necesario combinar el reconocimiento de rasgos automático con la definición manual por parte del usuario. De este modo, en primer lugar lanzamos el reconocimiento de rasgos automático y a continuación, comprobamos los rasgos generados, modificando o eliminando y volviendo a definir los que sean oportunos.

A la hora de crear un rasgo de forma manual, se procede de la siguiente manera:

- 1º. Se selecciona el plano de trabajo donde se inserta el rasgo.
- 2º. Se selecciona el tipo de rasgo que se va a definir.
- 3º. Se define el rasgo a través de una superficie, cavidad, conjunto de aristas o croquis de la pieza. Al seleccionar varias entidades no consecutivas, CamWorks puede unir las para crear el rasgo seleccionando la opción bucle.
- 4º. Se establecen las condiciones y parámetros del rasgo. P.e. profundidad, contorno, dirección de mecanizado, islas, etc.
- 5º. Validar y comprobar que el rasgo insertado es el que pretendíamos.

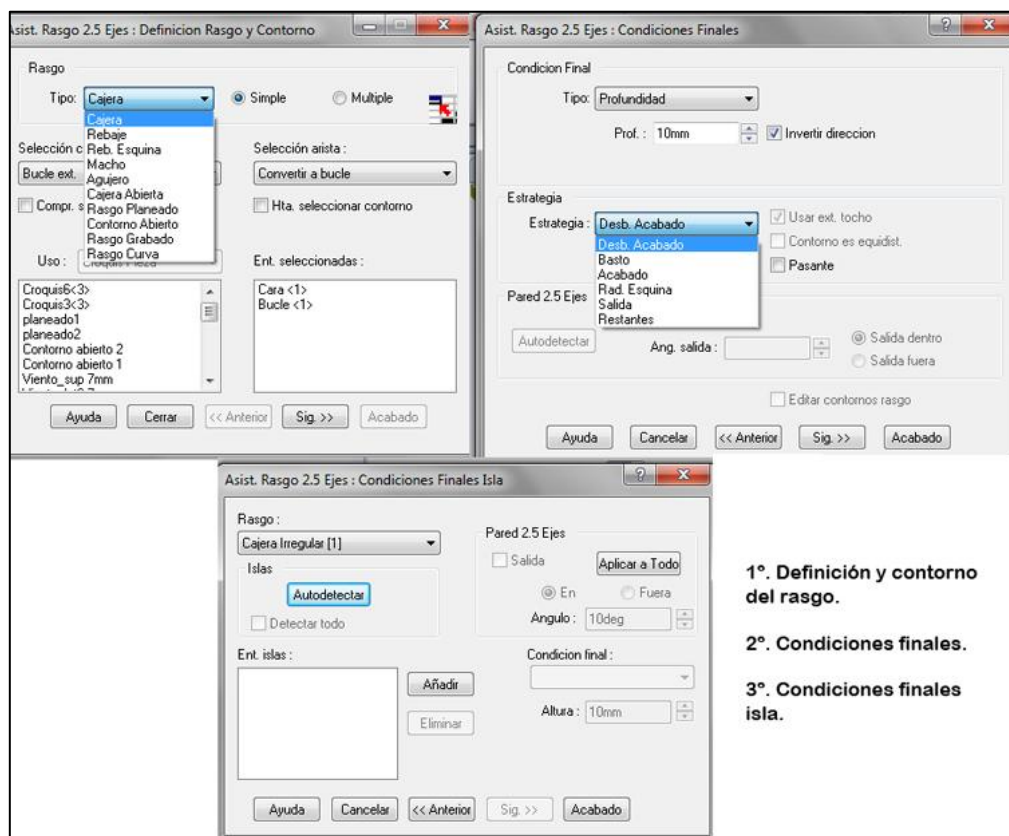


Figura 3.15: Procedimiento manual de definición de rasgos.

Tras proceder de esta manera, tenemos el listado de rasgos de nuestra pieza en el árbol de rasgos de CamWorks, agrupados según el plano de trabajo al que pertenecen:

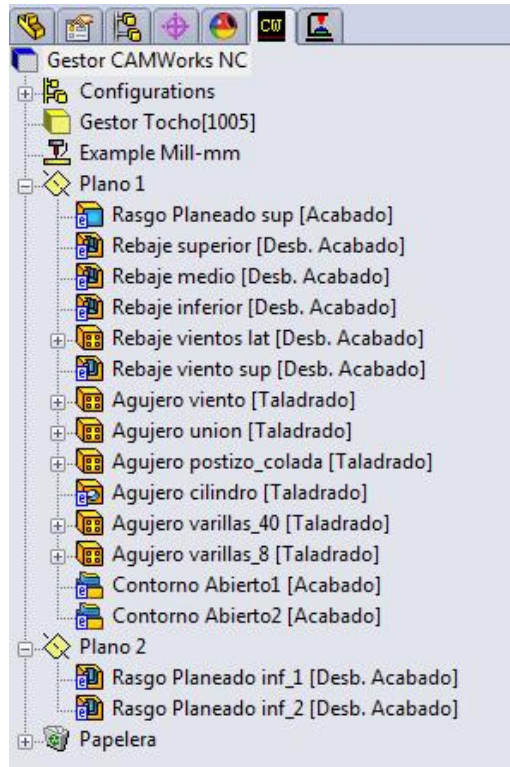


Figura 3.16: Listado de rasgos de la parte móvil del molde.

En las páginas siguientes se adjuntan figuras correspondientes a los rasgos del listado anterior, superpuestos sobre la pieza a fabricar.

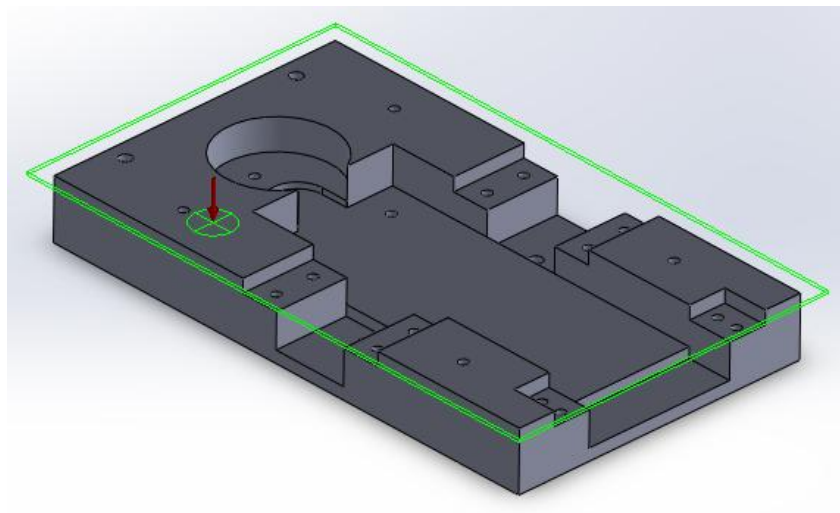


Figura 3.17: Rasgo de planeado superior.

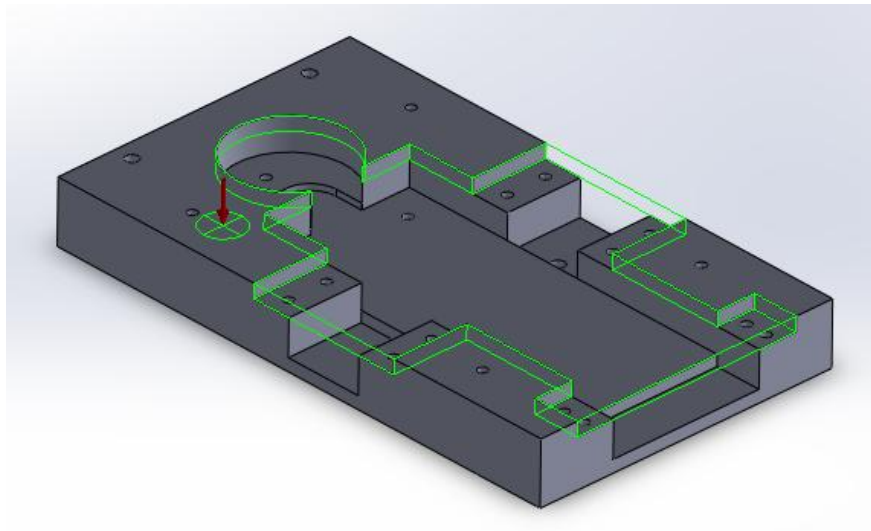


Figura 3.18: Rasgo de rebaje superior.

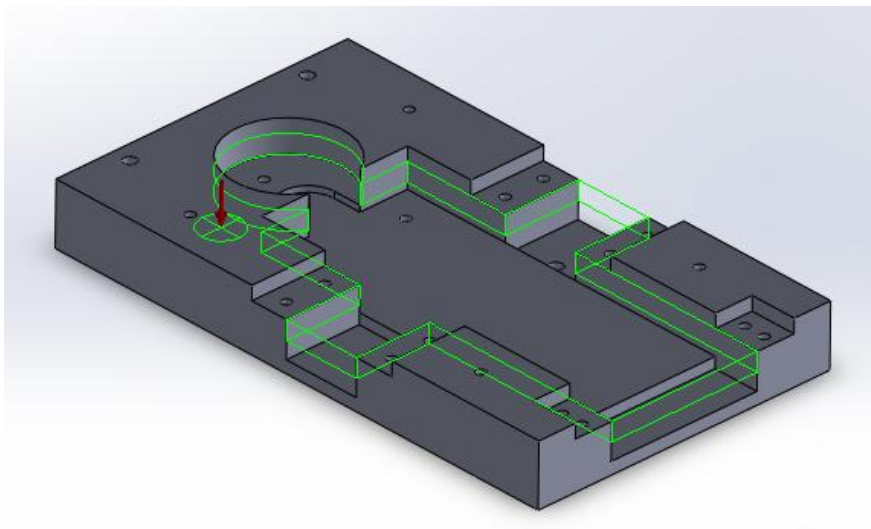


Figura 3.19: Rasgo de rebaje medio.

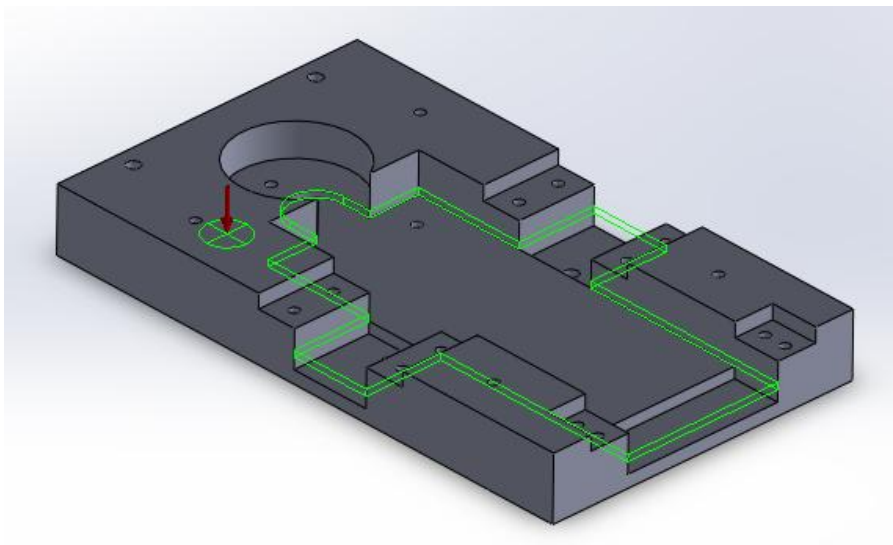


Figura 3.20: Rasgo de rebaje inferior.

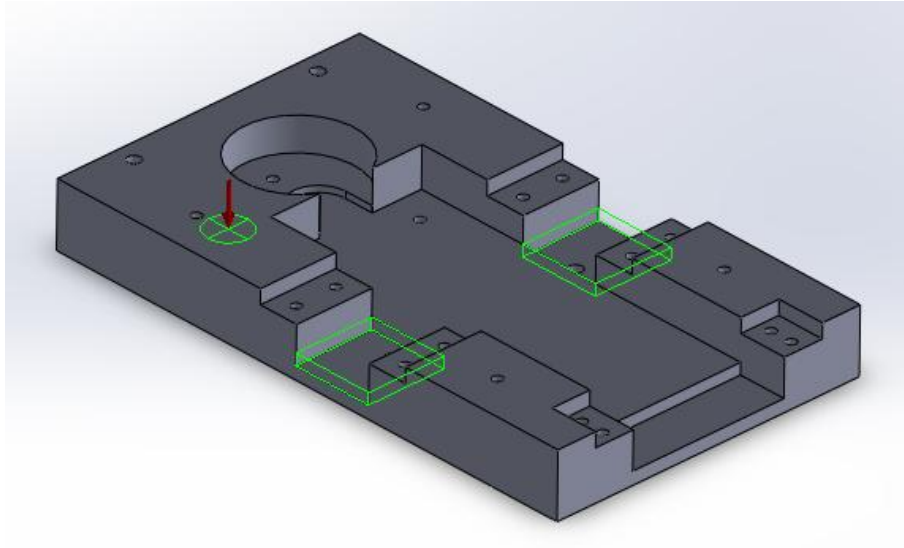


Figura 3.21: Rasgo de rebaje de vientos laterales.

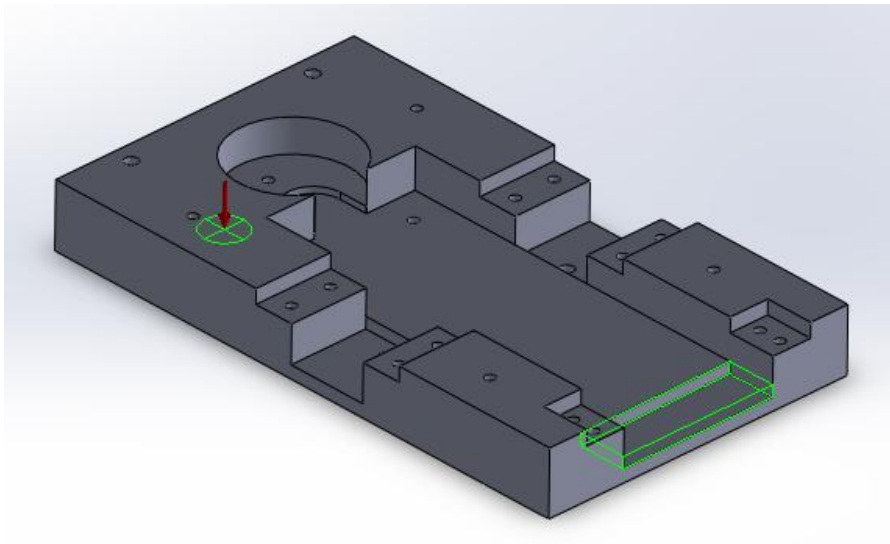


Figura 3.22: Rasgo de rebaje de viento superior.

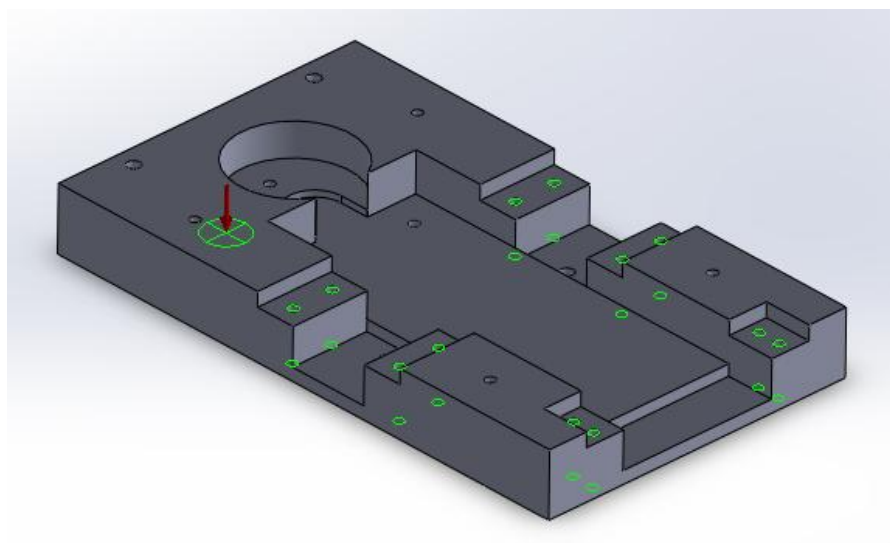


Figura 3.23: Rasgo de agujeros para vientos.

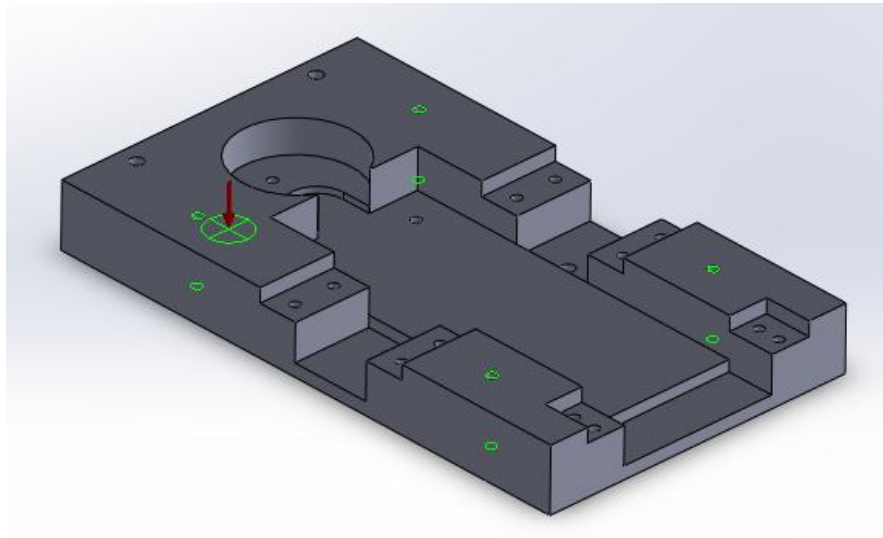


Figura 3.24: Rasgo de agujeros para unión.

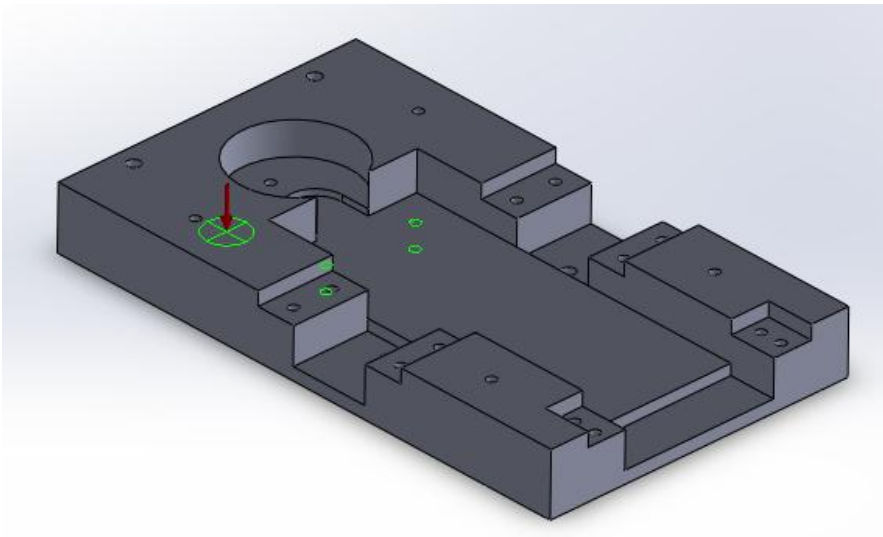


Figura 3.25: Rasgo de agujeros para postizo de pieza.

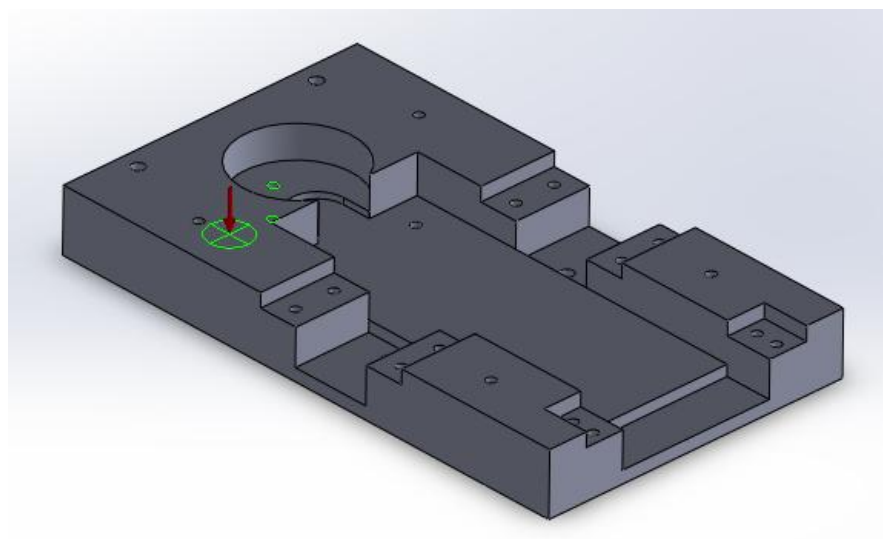


Figura 3.26: Rasgo de agujero para postizo cilindro.

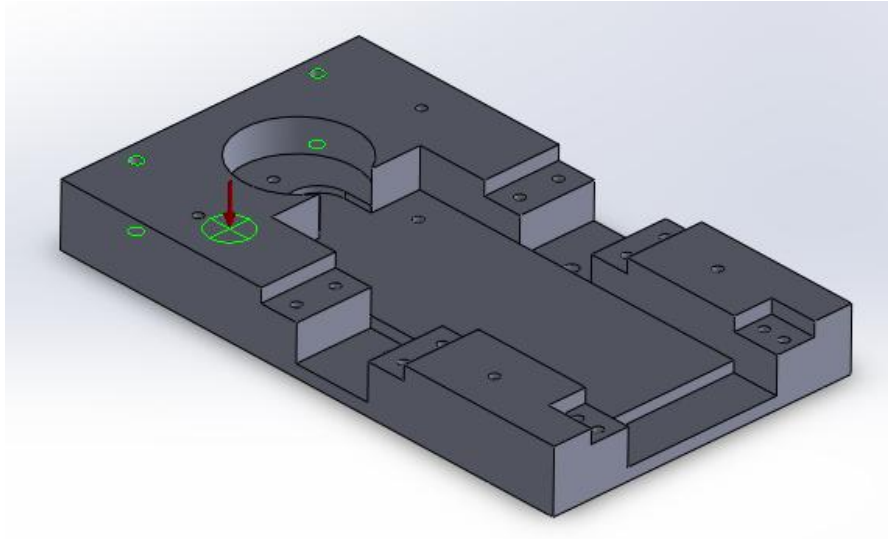


Figura 3.27: Rasgo de agujeros para varillas de profundidad 40 mm.

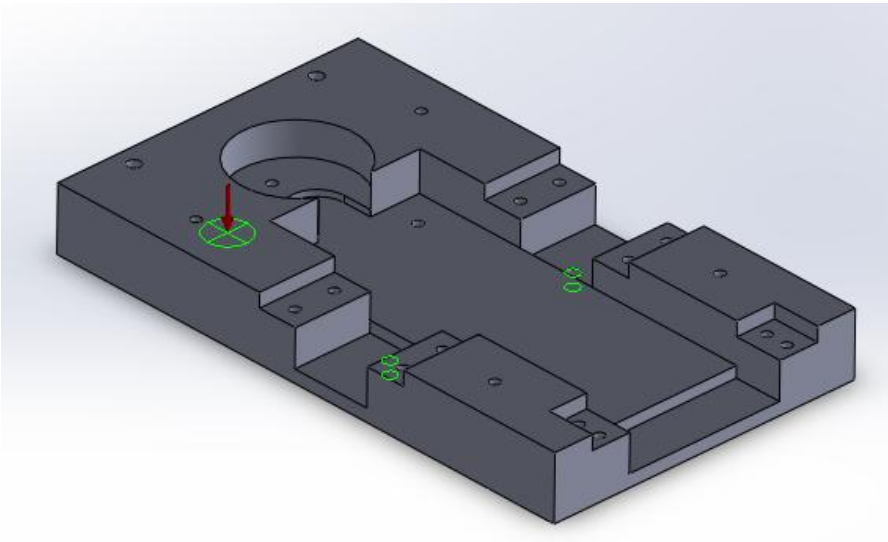


Figura 3.28: Rasgo de agujeros para varillas de profundidad 8 mm.

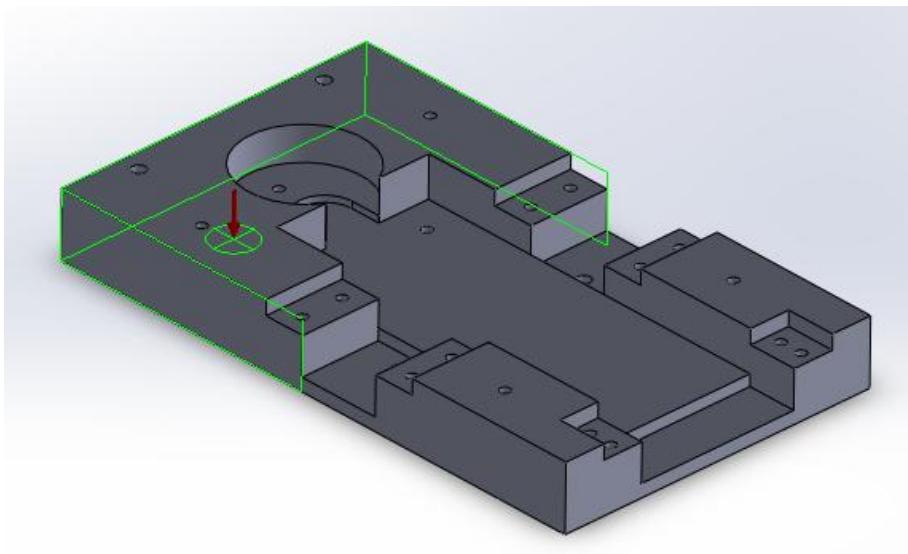


Figura 3.29: Rasgo de contorneado abierto 1.

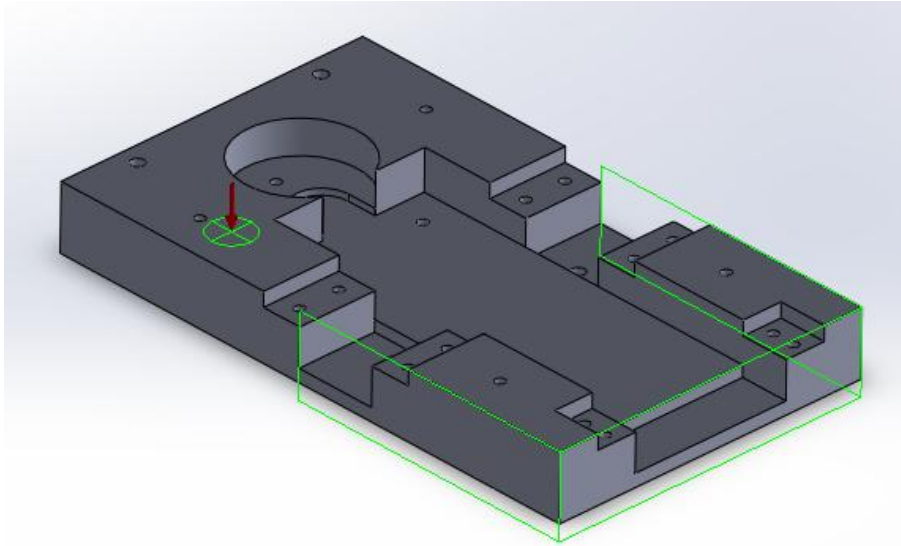


Figura 3.30: Rasgo de contorneado abierto 2.

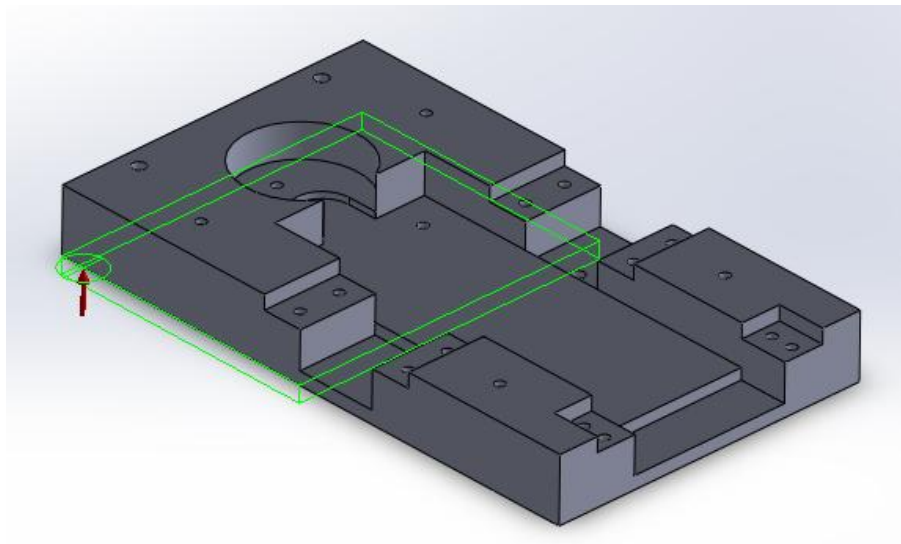


Figura 3.31: Rasgo de planeado inferior 1.

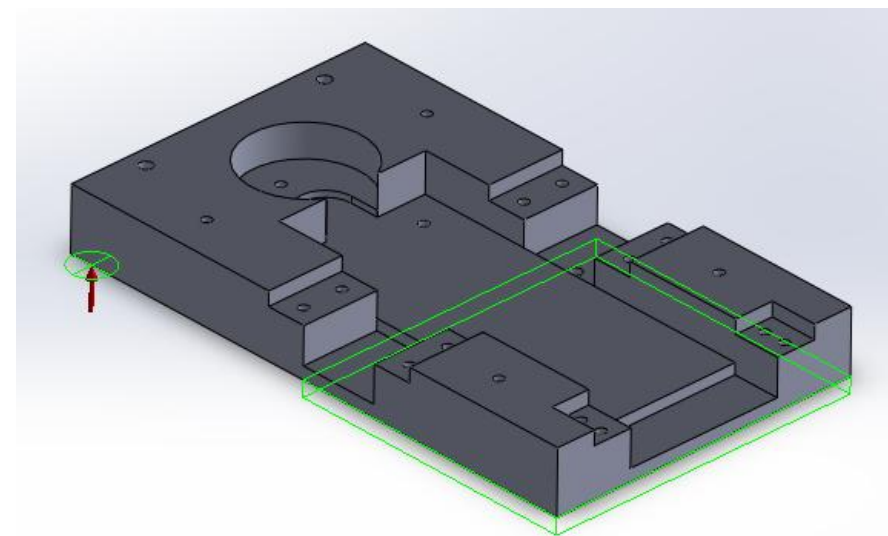


Figura 3.32: Rasgo de planeado inferior 2.

3.3.6. Generación del plan de operaciones de mecanizado y ajuste de sus parámetros

Al igual que con los rasgos de la pieza, tenemos la opción de generar las operaciones automáticamente a partir de los rasgos definidos o asignar operaciones manualmente a dichos rasgos. En nuestro caso hemos introducido las operaciones manualmente ya que CamWorks suele generar un alto número de operaciones, que en nuestro caso, al tratarse de un material no metálico, eran innecesarias.

Para insertar operaciones, tenemos que clicar en el rasgo en cuestión y asignar una de las operaciones que nos aparecen como opciones. Entre todas las operaciones que hemos incluido en la pieza, se distinguen cuatro variedades:

- Operación de planeado.
- Operaciones de desbaste y acabado.
- Operaciones de contorneado.
- Operaciones de taladrado (broca).

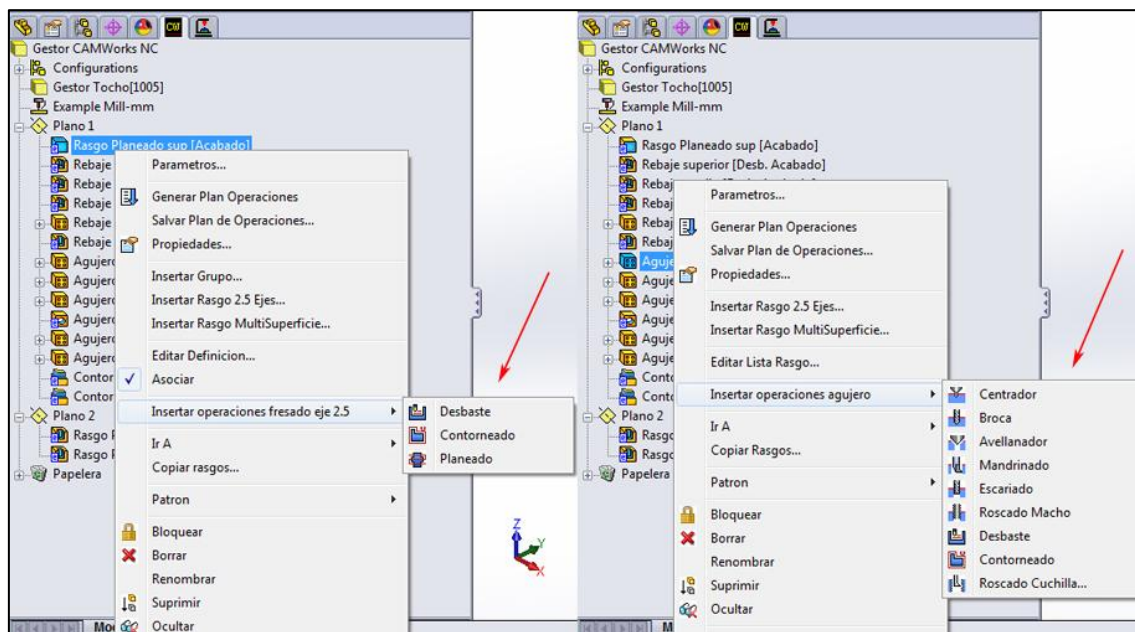


Figura 3.33: Definición de operaciones a partir de los rasgos en CamWorks.

Una vez insertada la operación asignada a uno de los rasgos, CamWorks abre una ventana donde aparecen todos los parámetros de la operación. Estos parámetros vienen establecidos por defecto por el software según los datos que hemos introducido anteriormente, como el tipo de material, el tocho, la torreta de herramientas, etc.

En la gran mayoría de los casos, estos parámetros que vienen por defecto deben ser modificados. Dependiendo del tipo de operación, obviamente estos parámetros a definir varían. Por ello pasamos a explicar los parámetros más relevantes que, en

nuestro caso, hemos considerado que debíamos modificar para nuestro mecanizado. También cabe destacar, que una gran cantidad de opciones que vienen por defecto, las hemos podido dejar sin tocar ya que o no influían en nuestro mecanizado o no eran relevantes como para modificarlas.

Operaciones de planeado

En este caso, los parámetros que ha sido necesario que modifiquemos, según nuestras condiciones de mecanizado, son:

- Selección de la herramienta: para todas las operaciones de planeado, hemos seleccionado una fresa plana de 12 mm de diámetro. Habría sido conveniente seleccionarla con un diámetro mayor para ahorrar tiempo de mecanizado, sin embargo, debido a las pocas operaciones de planeado que tenemos ese tiempo lo habríamos perdido en los cambios de herramienta.

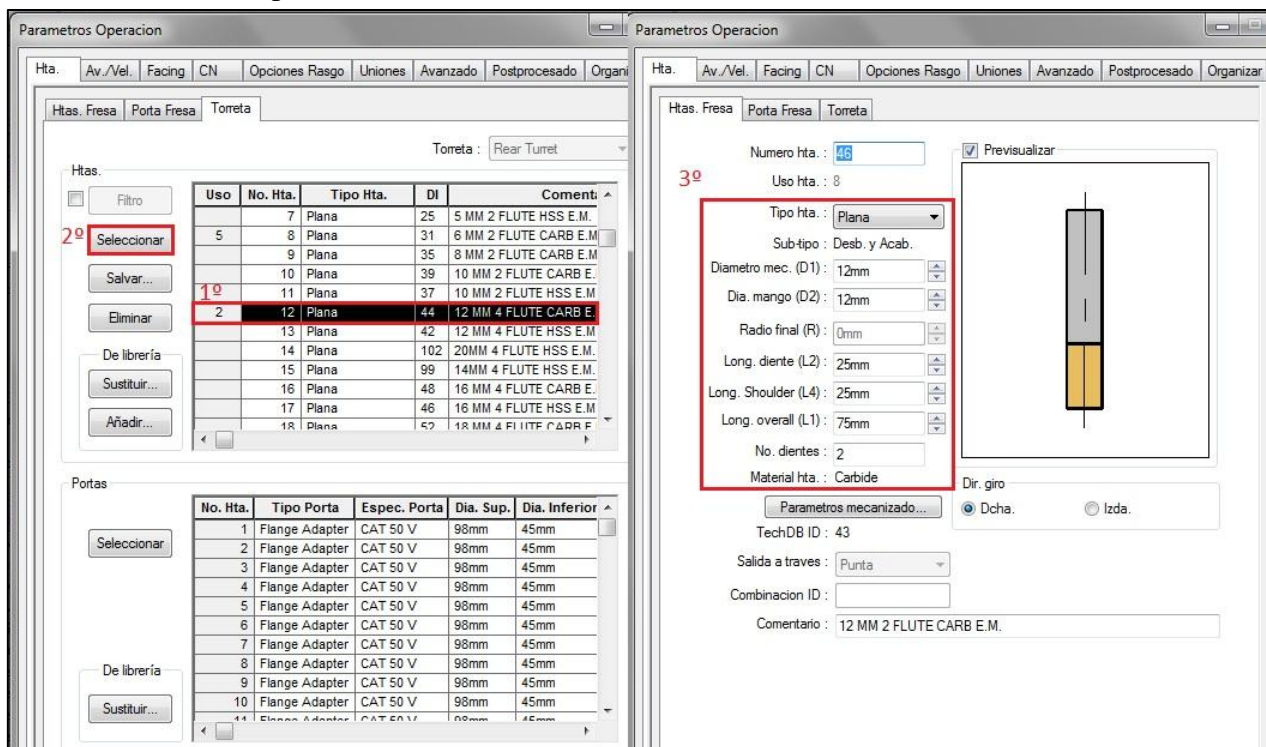


Figura 3.34: Selección de la herramienta para la operación.

- Definición de velocidad de giro y avance: en nuestro, las velocidades establecidas para las operaciones son más elevadas que las que a posteriori se emplean en la fabricación. La razón es que la fresadora a emplear cuenta con un control de velocidad basado en porcentajes de la velocidad definida por el programa de CN. Así, al definir velocidades elevadas, podremos ajustarlas in situ, mientras que si definimos una velocidad más baja, nos será más difícil aumentarla una vez que estemos mecanizando. Las velocidades y avances definidos para las operaciones de planeado son siempre las siguientes.

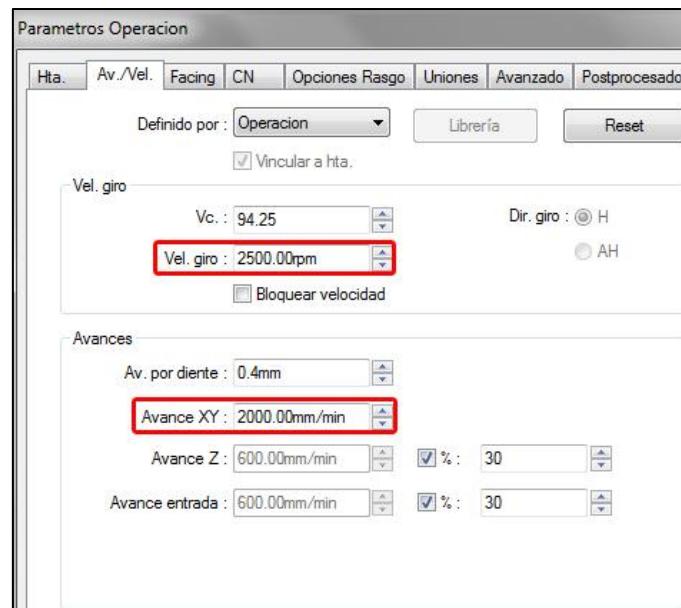


Figura 3.35: Definición de la velocidad de giro y avance de la herramienta.

Al definir la velocidad de giro y el avance, las demás variables se actualizan en función de los valores introducidos.

- **Facing:** contiene todos los parámetros referidos al mecanizado propiamente dicho. En esta ventana podemos definir los parámetros de pasada, profundidad o mecanizado de islas. En las operaciones de planeado únicamente hemos modificado la profundidad de pasada, dejando los demás parámetros por defecto. La profundidad máxima de cada pasada la hemos establecido en 4 mm, al igual que en las operaciones de desbaste. En el caso de haber sido acero, esta profundidad habría sido menor, aumentando considerablemente los tiempos de mecanizado.

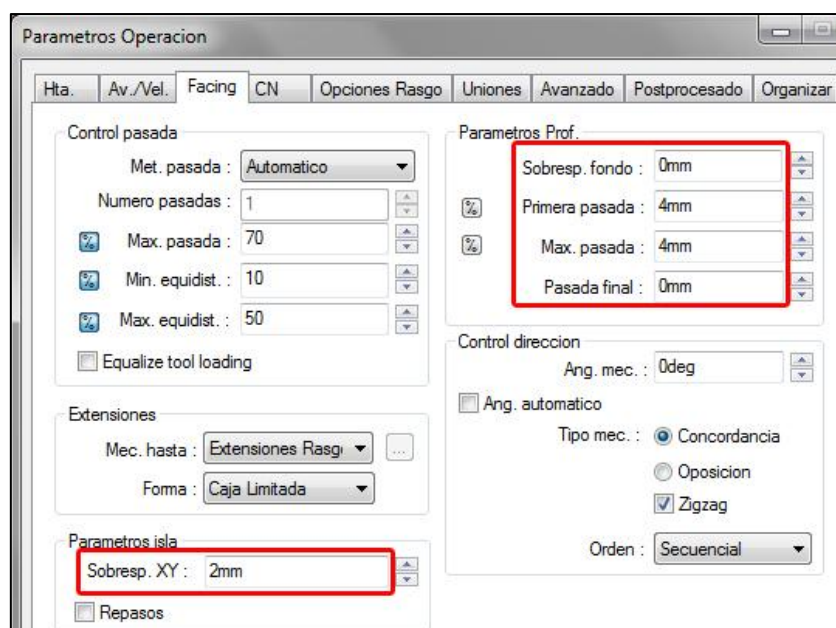


Figura 3.36: Definición de los parámetros de facing de la operación.

El sobrespesor que se define, solo se tiene en cuenta en aquellas operaciones que tengan mecanizado de islas y en el caso contrario, aunque pongamos un valor, no se considera. En cuanto a la definición de la pasada final en 0 mm, estamos indicando al programa que no hay preferencias a la hora de dar esta última pasada y, por tanto, la única restricción será que no podrá exceder de los 4 mm en los que hemos fijado la pasada máxima. En muchas ocasiones, esta última pasada es mucho menor que las demás, de manera que actúa como si fuese la operación de acabado pero sin interrupciones intermedias.

- Control Numérico: en esta parte, están definidas las separaciones que delimitan los planos de trabajo de la herramienta, tanto el plano rápido como el plano de separación, a partir del cual la herramienta avanza a velocidad menor. Estos parámetros se han dejado por defecto, ya que nos resultaban bastante acertados.

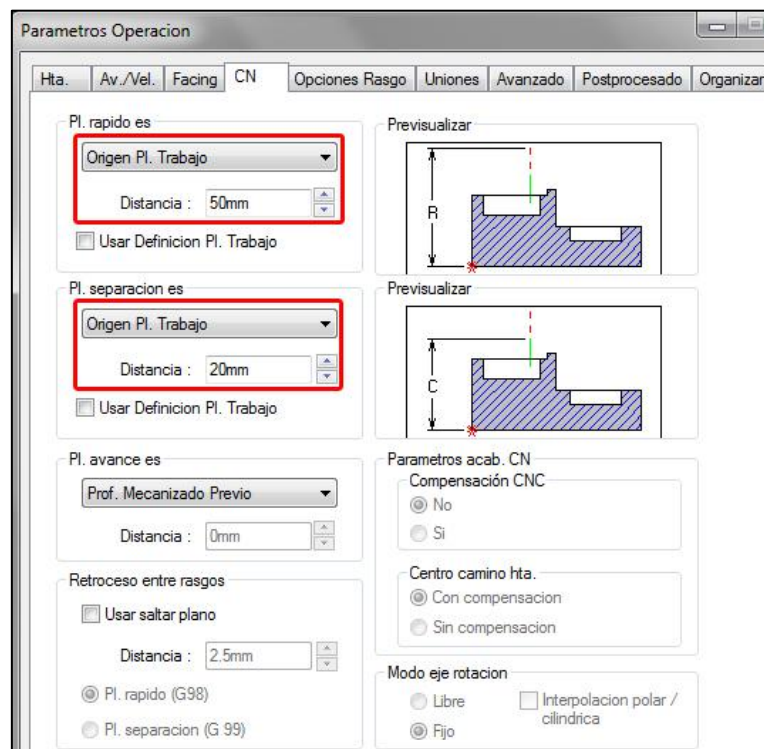


Figura 3.37: Definición de los parámetros del control numérico de la operación.

Las demás pestañas de los parámetros de operación las hemos dejado por defecto, ya que en nuestro caso no era necesario modificarlas. Aún así, en las siguientes figuras, mostramos las distintas opciones que CamWorks nos permite modificar.

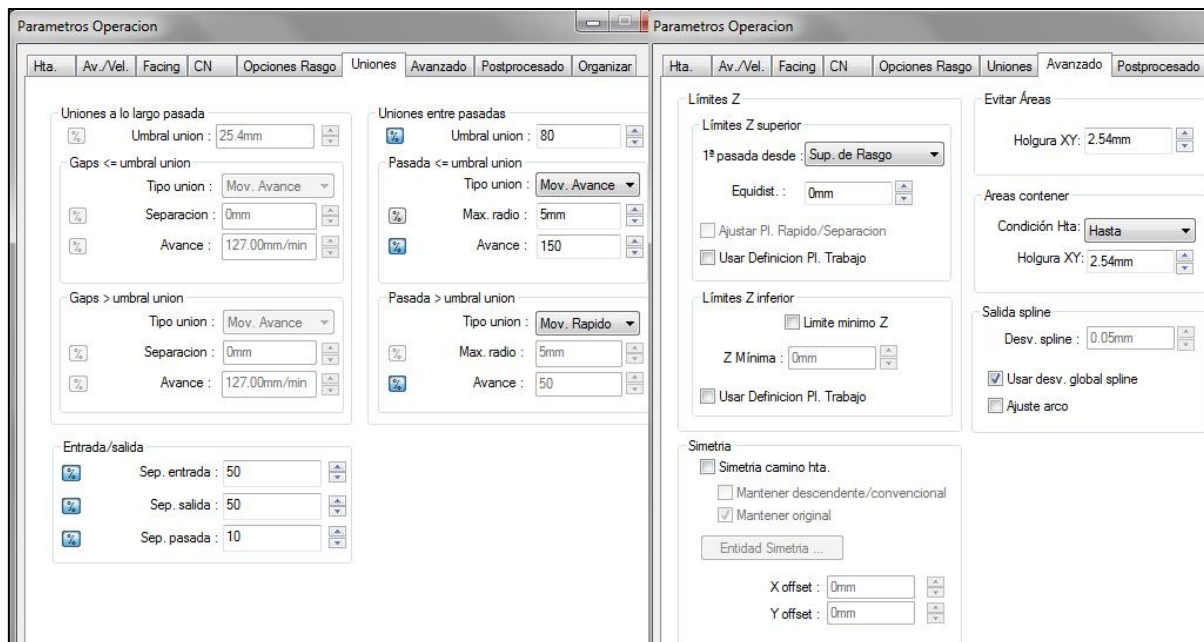


Figura 3.38: Definición de los parámetros de unión y avanzado.

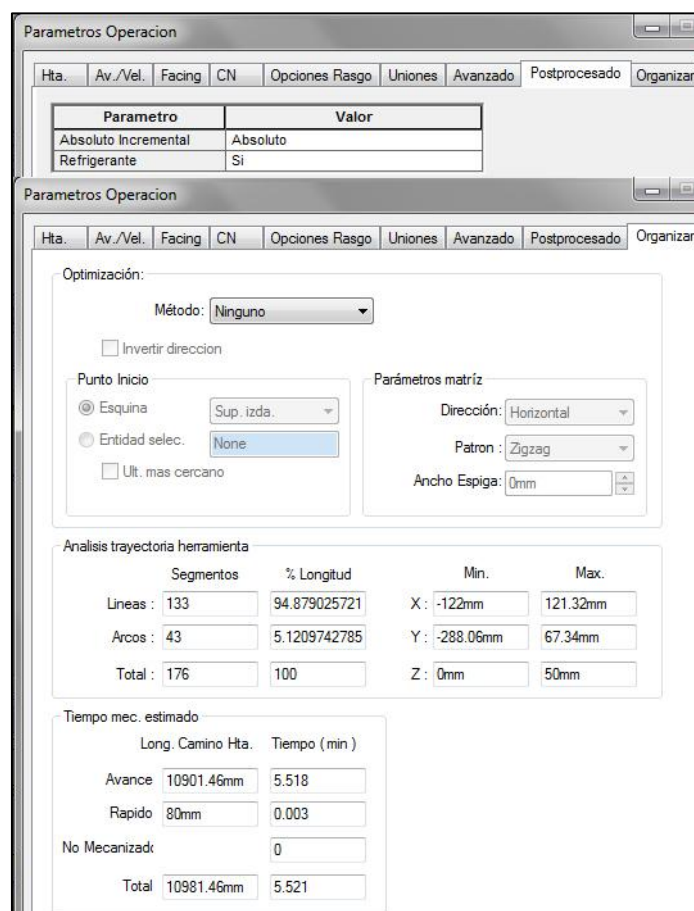


Figura 3.39: Definición de los parámetros de postprocesado y organizar.

Operaciones de desbastado

- Selección de la herramienta: para todas las operaciones de desbastado, hemos seleccionado una fresa plana de 12 mm de diámetro, al igual que con para el planeado. De esta manera nos ahorramos el tiempo que supondría el constante cambio de herramienta. El inconveniente de utilizar una herramienta con ese diámetro, es que las esquinas interiores de las cavidades de la pieza quedará redondeadas con un radio de 6 mm, demasiado grande para nuestras exigencias. Por ello tras cada desbastado, realizamos un acabado del contorno con una fresa con un diámetro menor, para suavizar las esquinas.
- Definición de velocidad de giro y avance: tal y como se ha explicado en el caso de las operaciones de planeado, la velocidad de giro se establece en 2500 rpm y el avance en 2000 mm/min, pudiendo modificar estos valores una vez que se esté mecanizando la pieza en la fresadora.
- Desbaste: esta pestaña es distinta a la que se nos presenta en las operaciones de planeado. En este caso, los parámetros que podemos definir son, entre otros, las condiciones de pasada, métodos de vaciado, sobreespesores para el acabado, etc. Los valores que figuran en la siguiente imagen son los utilizados para todas las operaciones de desbaste de nuestras piezas a mecanizar. En los casos donde los mm de pasada sean menores que los 4 mm que definimos, el CamWorks los ajusta automáticamente a este valor inferior, plasmándolo luego en el código del programa de control número. Los parámetros recuadrados en la imagen son aquellos que hemos definido nosotros manualmente, modificando los que venían por defecto.

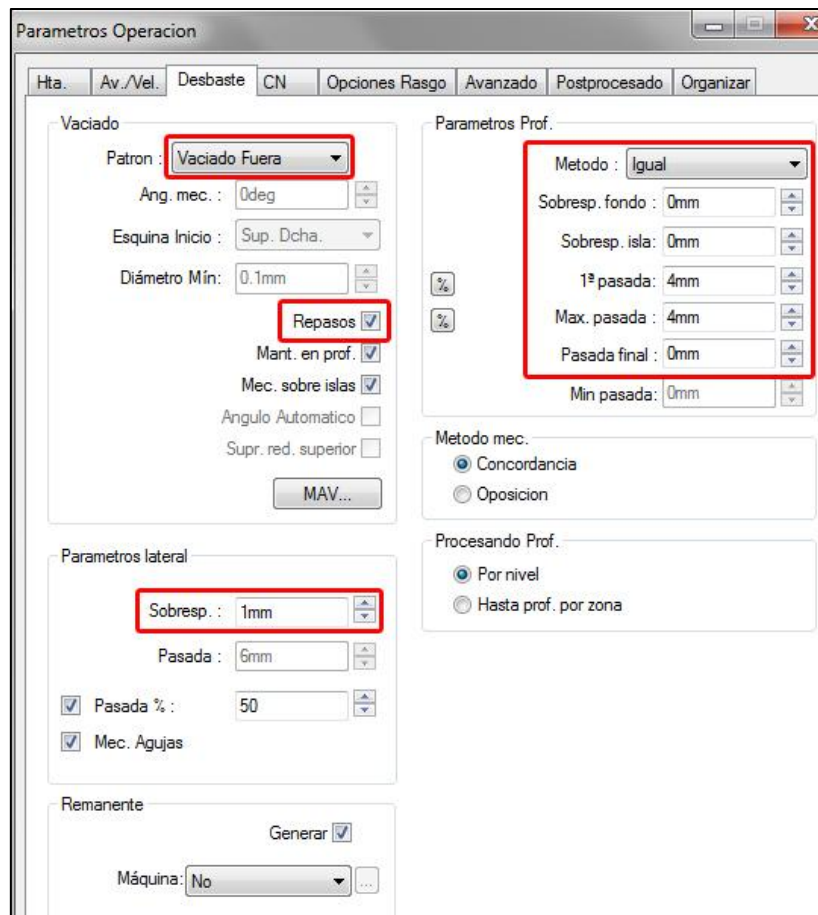


Figura 3.40: Definición de los parámetros de desbaste.

- Opciones de Rasgo: mientras que en la operación de planeado esta pestaña únicamente nos permitía modificar los parámetros de rasgo que habíamos definido con anterioridad, en la operación de desbaste nos permite definir el método de entrada y salida de la herramienta en el material. Esta opción es muy interesante cuando tratamos de mecanizar espesores muy finos o materiales muy delicados, permitiéndonos definir estos parámetros de manera que disminuyamos el riesgo de rotura del material. Para nuestro mecanizado, hemos dejados los parámetros que venían establecidos por defecto.

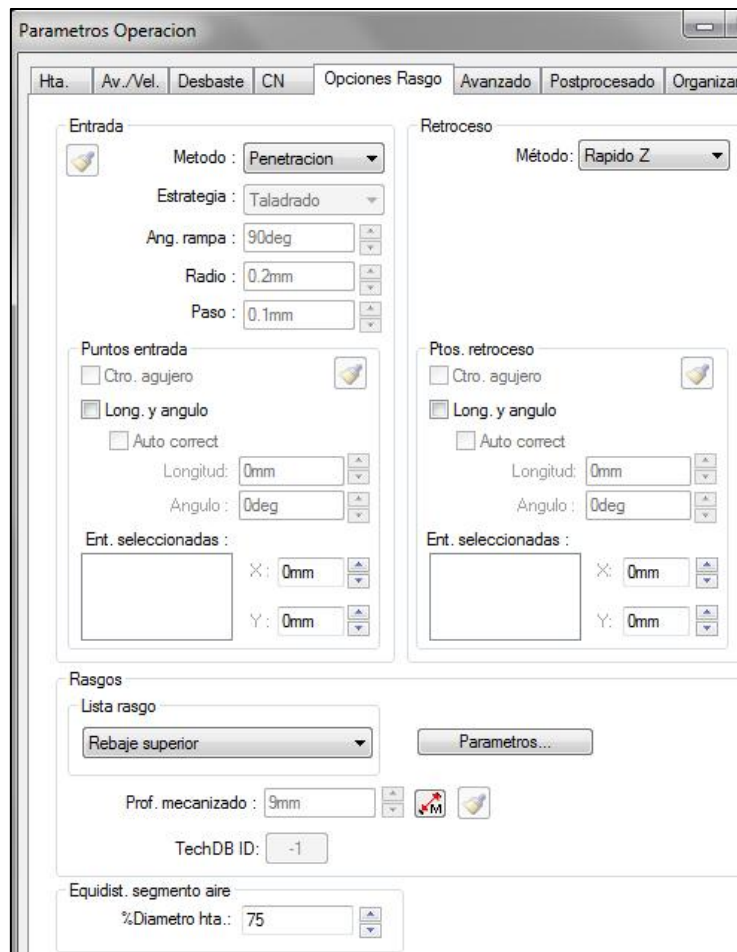


Figura 3.41: Definición de las opciones de rasgo.

Las demás pestañas contienen las mismas opciones que en el caso de las operaciones de planeado, definidas más arriba.

Operaciones de acabado

- **Selección de la herramienta:** tal y como hemos indicado antes, es necesario la utilización de una herramienta con menor diámetro que la utilizada para el desbaste con el fin de reducir los radios de las esquinas interiores de la pieza. Por ello se optó por la utilización de una fresa plana de 6 mm de diámetro para realizar las operaciones de acabado. Todas aquellas operaciones de desbaste que daban lugar a esquinas interiores con radios de 6 mm, se han complementado con operaciones de acabado que rebajan estos 6 mm a 3 mm de radio.
- **Definición de velocidad de giro y avance:** la velocidad de giro se establece en 2500 rpm y el avance en 2000 mm/min, pudiendo modificar estos valores una vez que se esté mecanizando la pieza en la fresadora.
- **Contorno:** esta pestaña exclusiva de las operaciones de acabado de contorno y las operaciones de contorneado permite establecer las longitudes de las pasadas que se

van a realizar y, por tanto, el número de pasadas. Además, hay una opción muy interesante, la del acabado de las esquinas de la pieza. Esta opción es vital para poder realizar el ensamblaje de todas las piezas una vez fabricadas. Debido a que las esquinas interiores de las piezas tendrán un radio de 3 mm, aquellas piezas que irán colocadas en contacto con estas esquinas deberán ser rematadas con el mismo radio que dejamos en el interior, es decir, también con 3 mm de radio.

A diferencia que en los desbastes y planeados, prácticamente todas las operaciones de acabado de contorno se realizan en una sola pasada, ya que la cantidad de material a arrancar es mucho menor en estos casos. La única consideración necesaria es comprobar que la longitud de corte de la fresa sea mayor que la máxima pasada que debería realizar en el acabado. En nuestro caso se comprobó que no había problemas en ese aspecto y por ellos todos los acabados se realizan en una pasada. Más adelante se especifican las características de las herramientas empleadas.

Cabe destacar que únicamente realizamos acabados en los contornos, tanto interiores como exteriores, y no en el fondo de los desbastes debido a que una vez terminado el mecanizado, se procede al pulido para limpiar las superficies y el desbaste que realizamos no es ni mucho menos agresivo como para tener que realizar un posterior acabado del fondo. En el caso del acabado del contorno nos vemos obligados a realizarlo por el tema de los radios de las esquinas.

Las opciones resaltadas en la imagen siguiente son aquellas que hemos modificado respecto a las que venían por defecto.

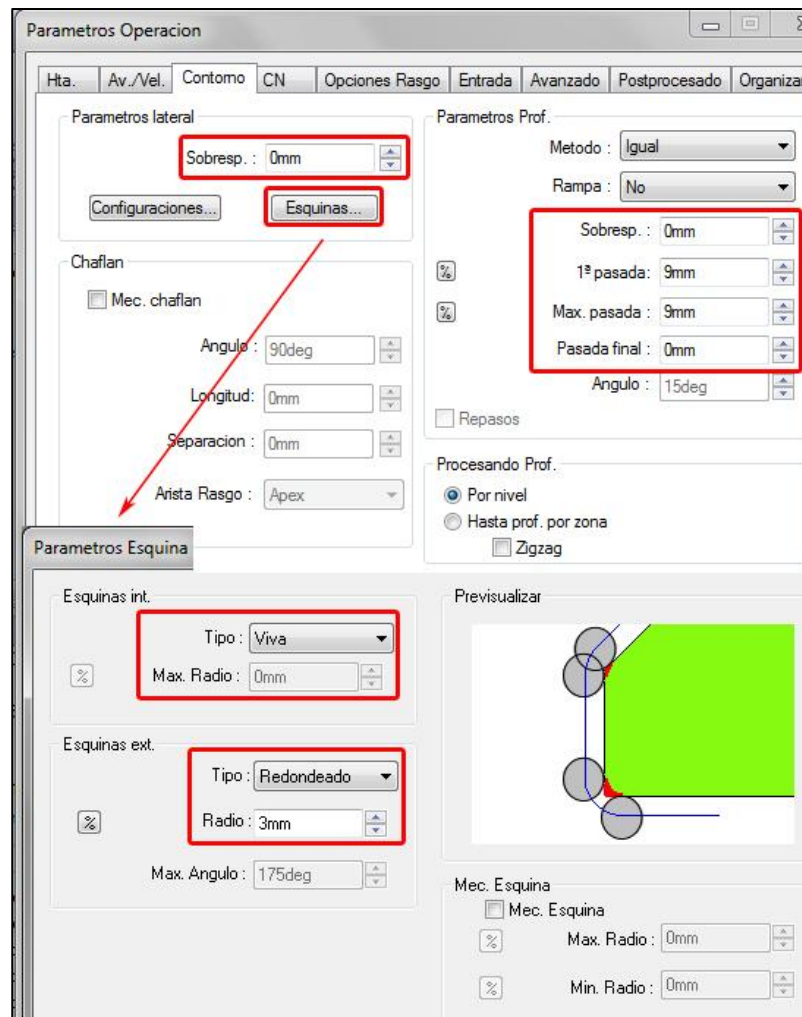


Figura 3.42: Definición de los parámetros del contorno.

- Entrada: la operación de acabado cuenta con una pestaña extra denominada entrada la cual permite definir y modificar completamente el método de entrada de la herramienta al mecanizar. En este caso, las opciones son mucho más específicas que en la definición de la entrada para el desbaste debido a que en el acabado, como su propio nombre indica, las superficies mecanizadas deben quedar con la mayor calidad posible. En nuestro caso hemos dejado las opciones por defecto del CamWorks, las cuales mostramos a continuación.

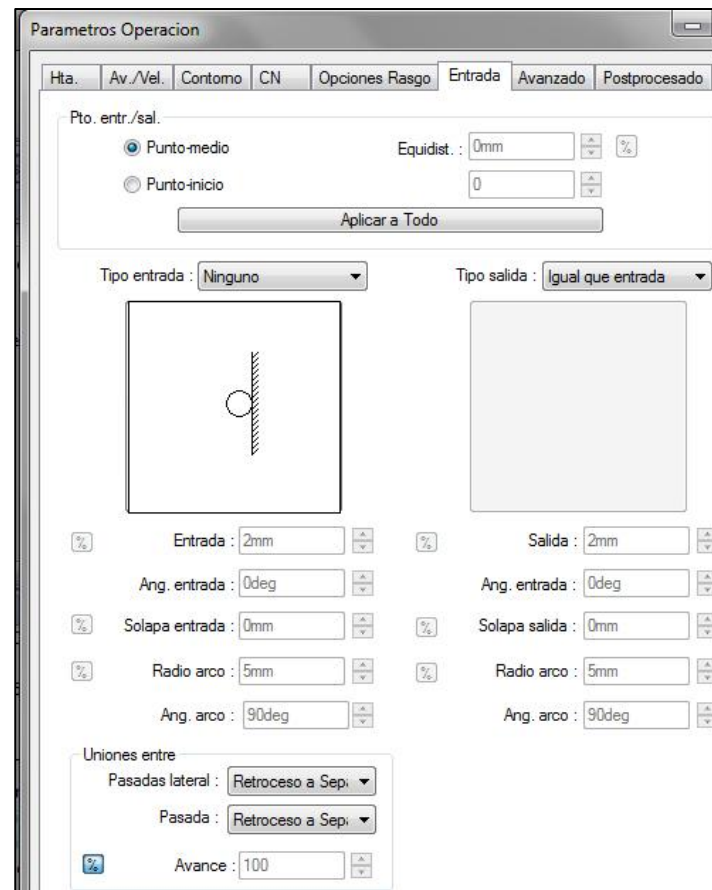


Figura 3.43: Definición de los parámetros de entrada de la herramienta en el acabado.

Las pestañas restantes son similares a las que vienen en las operaciones tanto de planeado como de desbaste.

Operaciones de taladrado (broca)

- **Selección de la herramienta:** para la realización de los taladros, escogemos brocas del mismo diámetro que el agujero. Según nuestros diseños, las utilizaremos de 8, 6 y 4 mm de diámetro. Es importante tener en cuenta la longitud de las brocas ya que en la mayoría de los casos los agujeros a realizar son pasante y debemos asegurarnos de que el cabezal de la fresadora no entra en contacto con el material.
- **Definición de velocidad de giro y avance:** la velocidad de giro la seguimos manteniendo en el mismo valor que las demás operaciones, es decir, a 2500 rpm, mientras que en este caso el avance, que será en el eje z, lo definimos en 250 mm/min ya que la velocidad no puede ser muy alta debido a que la broca debe evacuar correctamente todo el material que vaya arrancando y cuando menor sea la velocidad, más tiempo le damos para esta evacuación de la viruta.
- **Parámetros de taladrado y opciones de rasgo:** estas dos pestañas son las más significativas en la definición de los parámetros de taladrado. En la primera de ellas podemos definir el modo de entrada de la broca en el material, indicando cuantas

entradas debe realizar y la profundidad máxima que alcanza en cada una de ellas. En nuestro caso hemos definido una profundidad máxima en cada entrada de 10 mm. Por otro lado, en la segunda se nos permite variar entre la opción de que se incluya la longitud de la punta de la broca en la profundidad a mecanizar (para agujeros pasantes) o no.

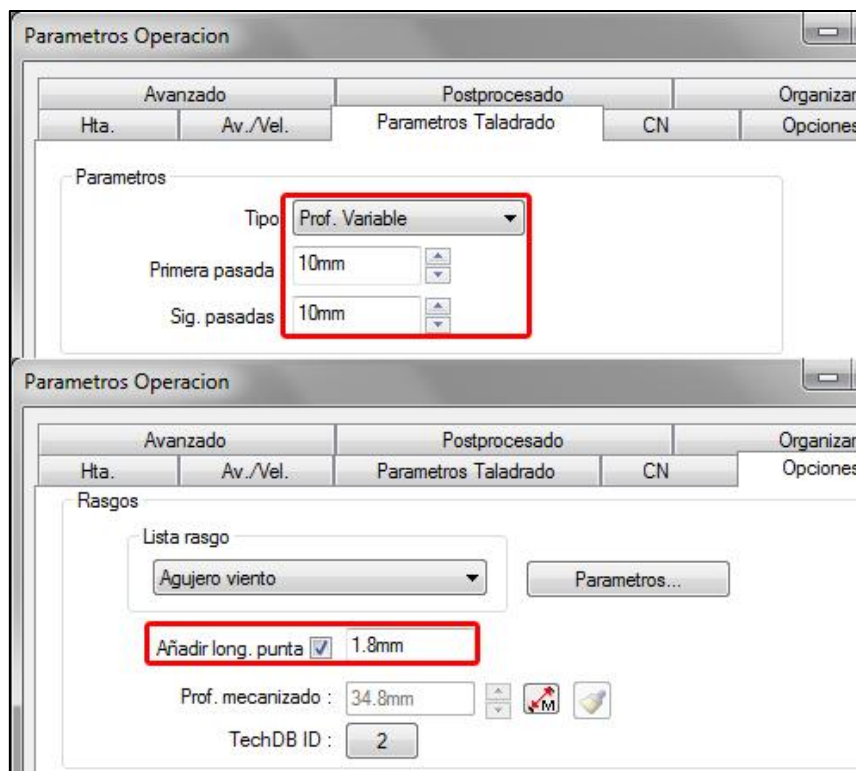


Figura 3.44: Definición de los parámetros de taladrado.

De este modo y una vez definidas todas las operaciones, tenemos el siguiente listado de operaciones en el árbol de operaciones de CamWorks:

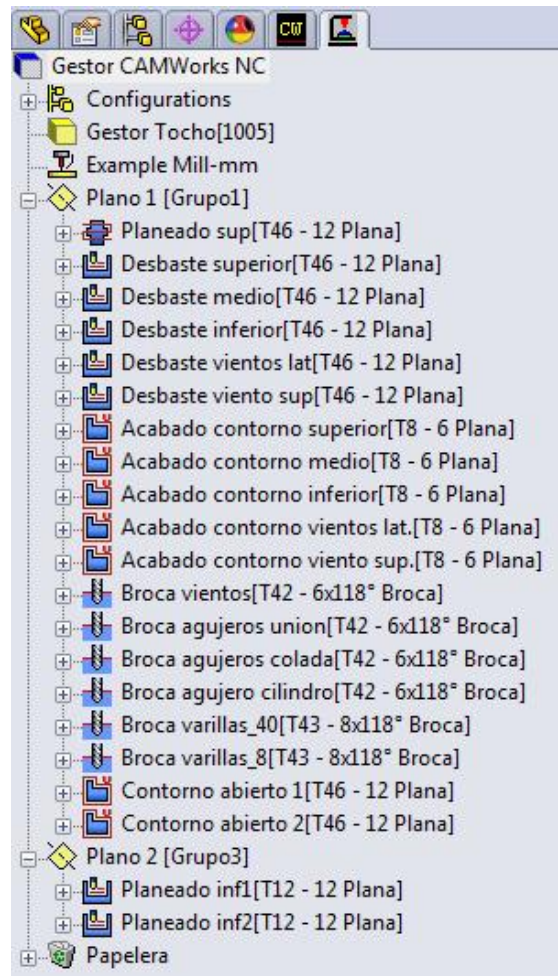


Figura 3.45: Árbol de operaciones de la parte móvil del molde.

3.3.7. Generación de los caminos de herramienta

Una vez tengamos todos los parámetros de operación definidos, aceptamos los cambios realizados y el CamWorks se encargará de generar las trayectorias de herramienta de la operación que acabamos de definir. Solo nos quedará comprobar que estas trayectorias son correctas y se ajustan a nuestras condiciones de mecanizado.

A continuación se adjuntan las imágenes correspondientes a los caminos de herramienta generados por CamWorks para el mecanizado de nuestra pieza, para cada una de las operaciones definidas en el paso anterior.

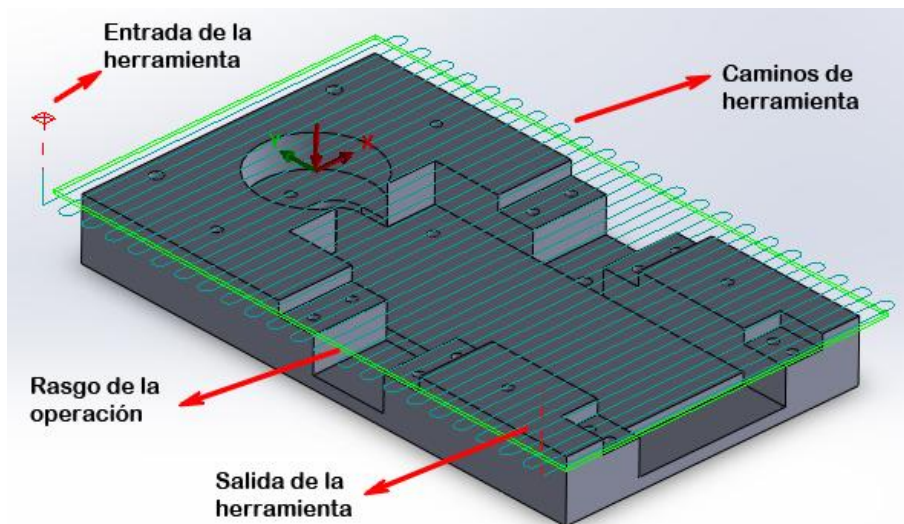


Figura 3.46: Operación de planeado superior.

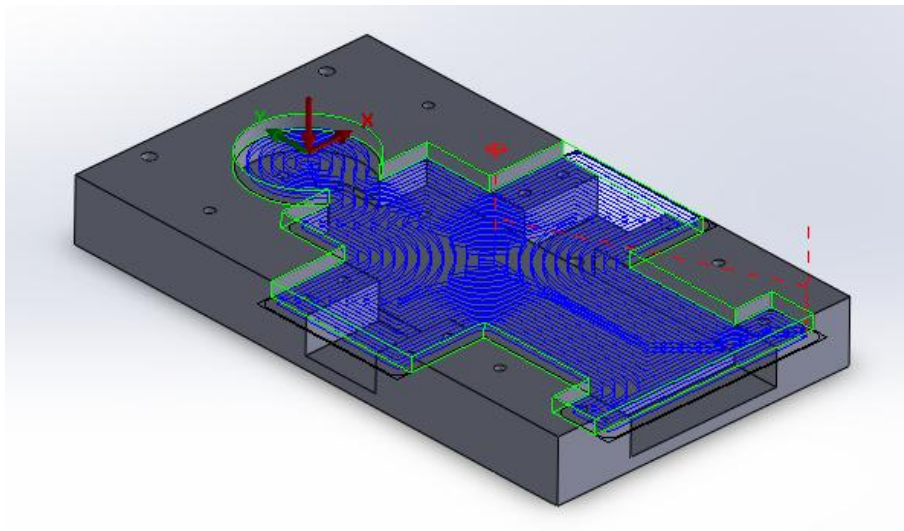


Figura 3.47: Operación de desbaste superior.

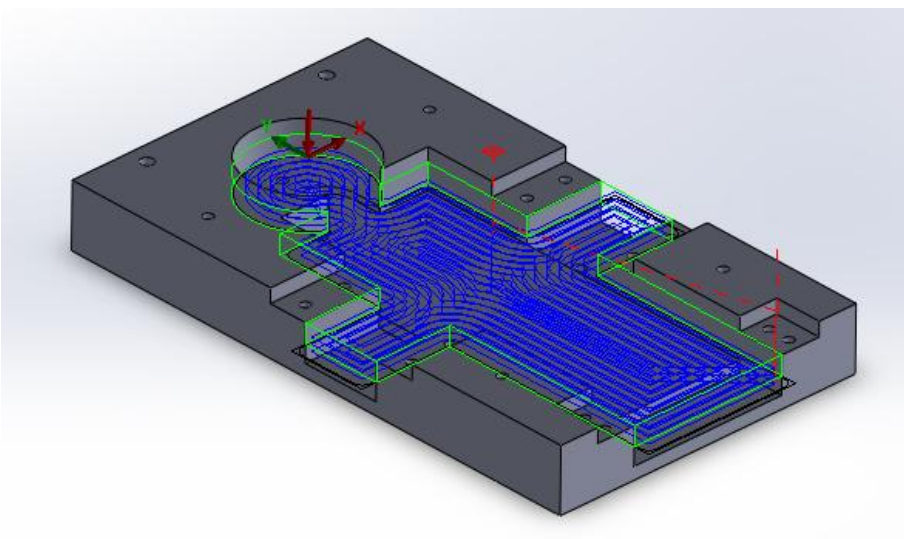


Figura 3.48: Operación de desbaste medio.

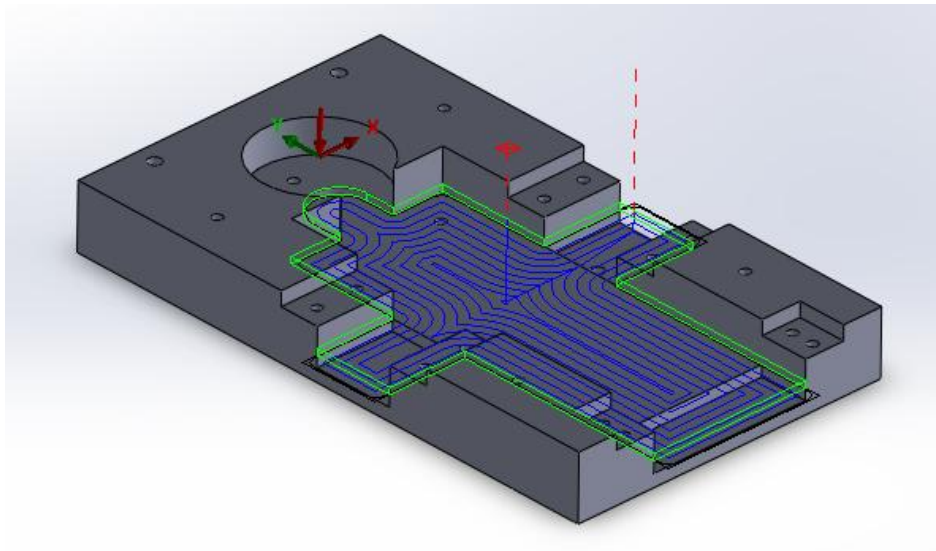


Figura 3.49: Operación de desbaste inferior.

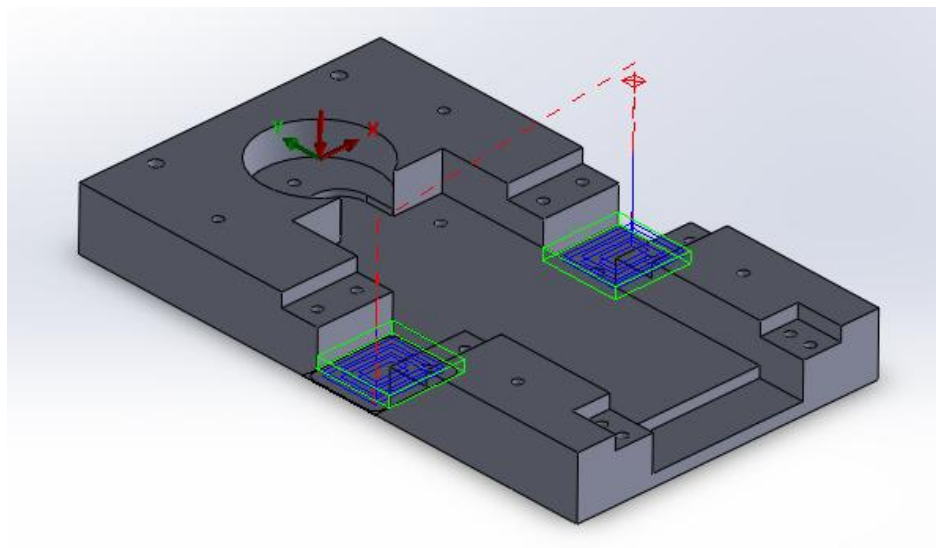


Figura 3.50: Operación de desbaste de vientos laterales.

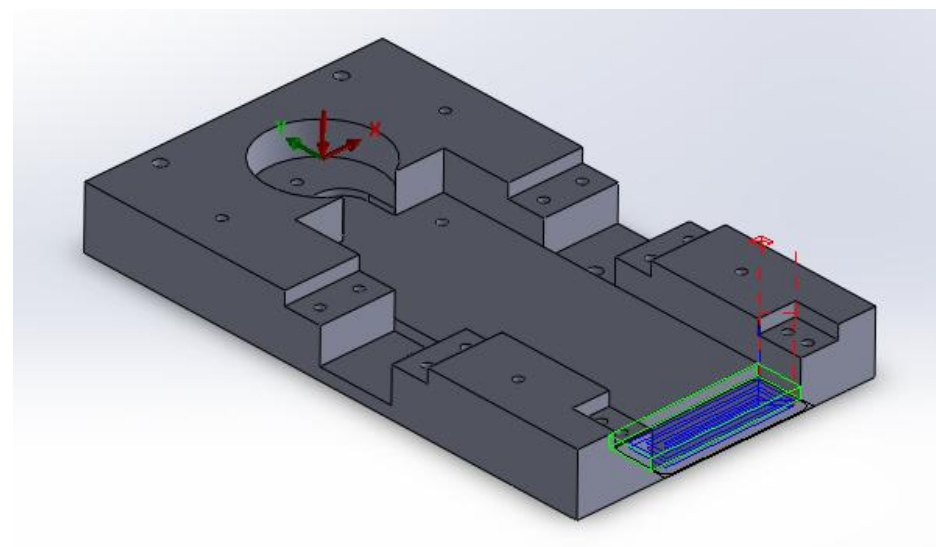


Figura 3.51: Operación de desbaste de viento superior.

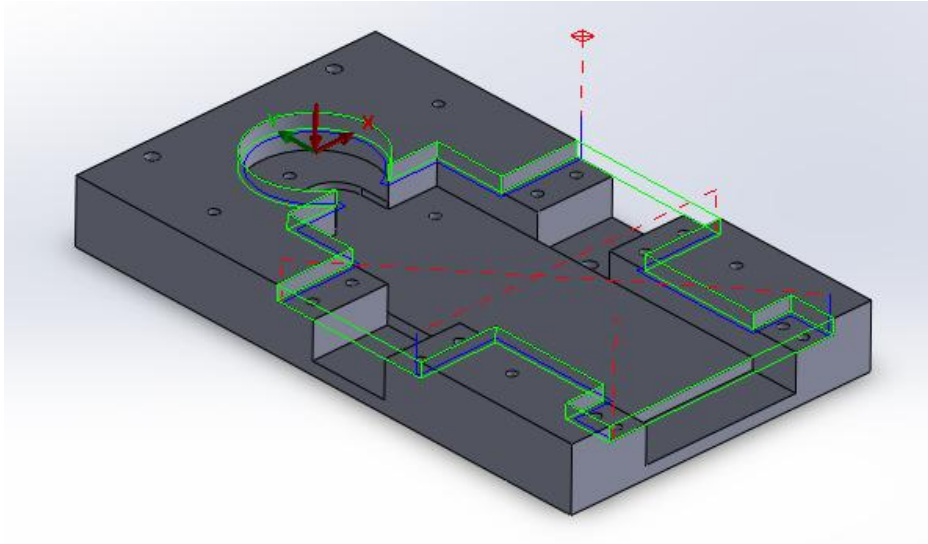


Figura 3.52: Operación de acabado superior.

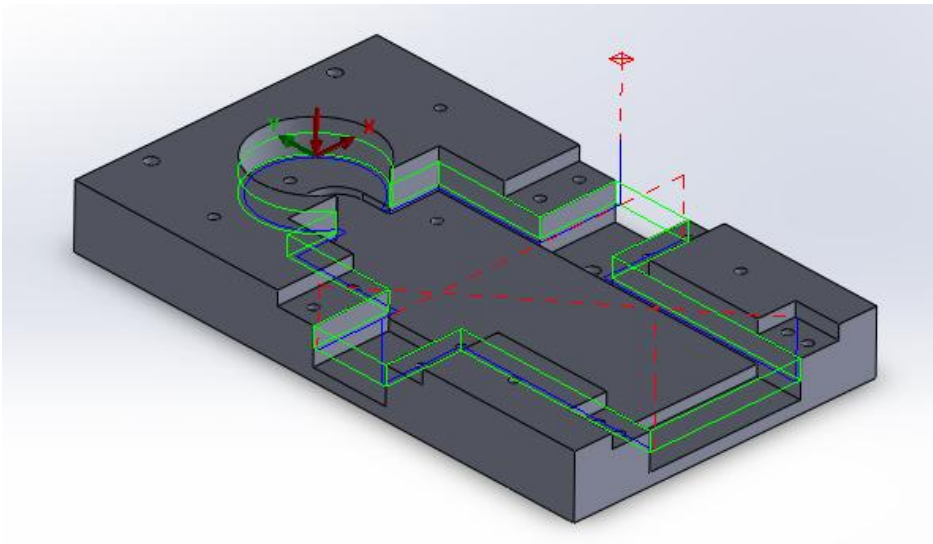


Figura 3.53: Operación de acabado medio.

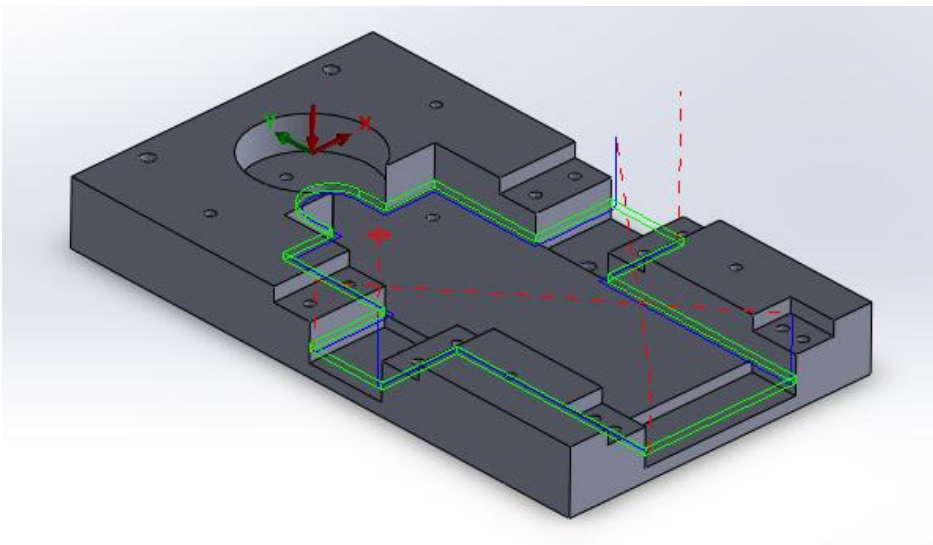


Figura 3.54: Operación de acabado inferior.

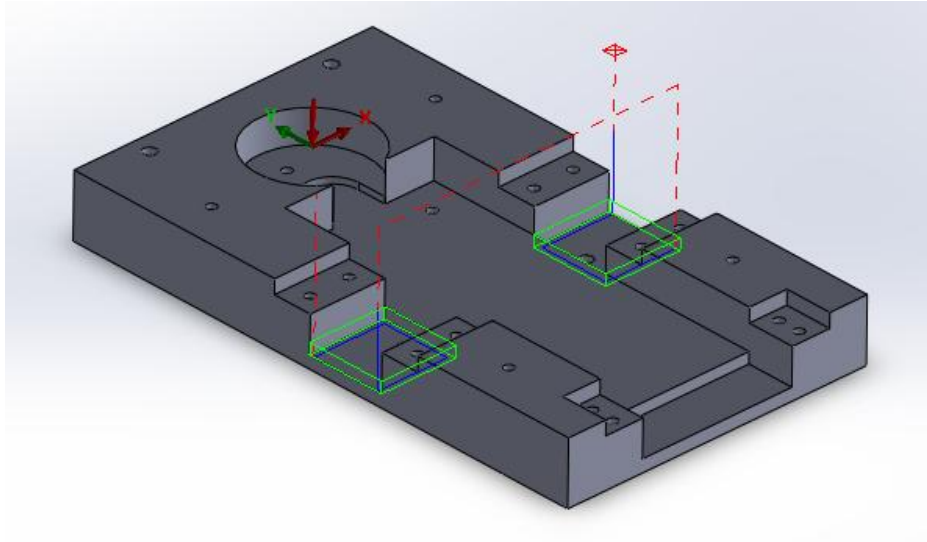


Figura 3.55: Operación de acabado de vientos laterales.

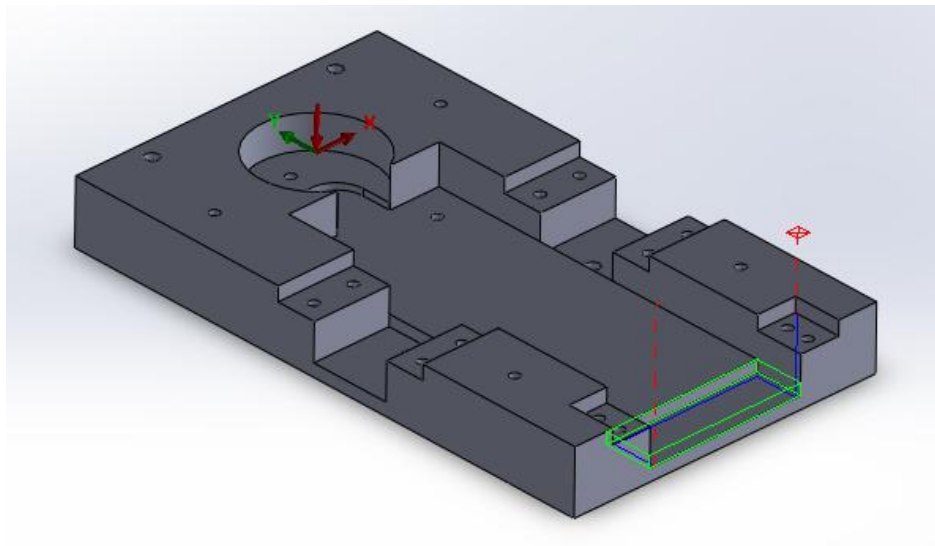


Figura 3.56: Operación de acabado del viento superior.

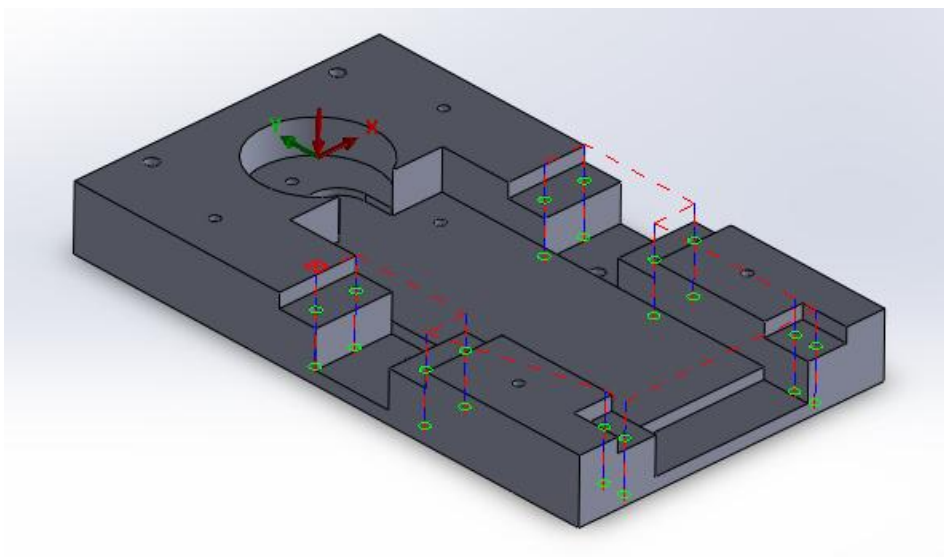


Figura 3.57: Operación de broca de agujeros para los vientos.

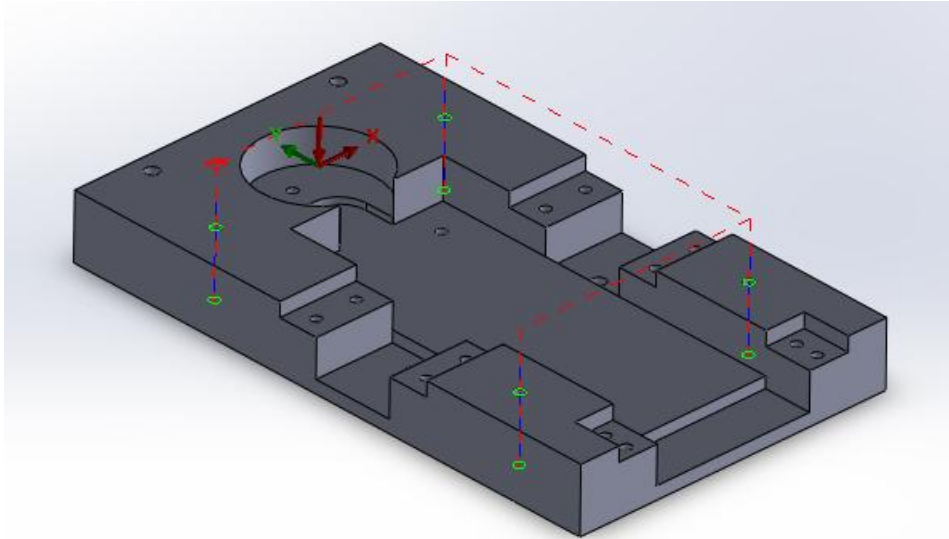


Figura 3.58: Operación de broca de agujeros de unión del molde.

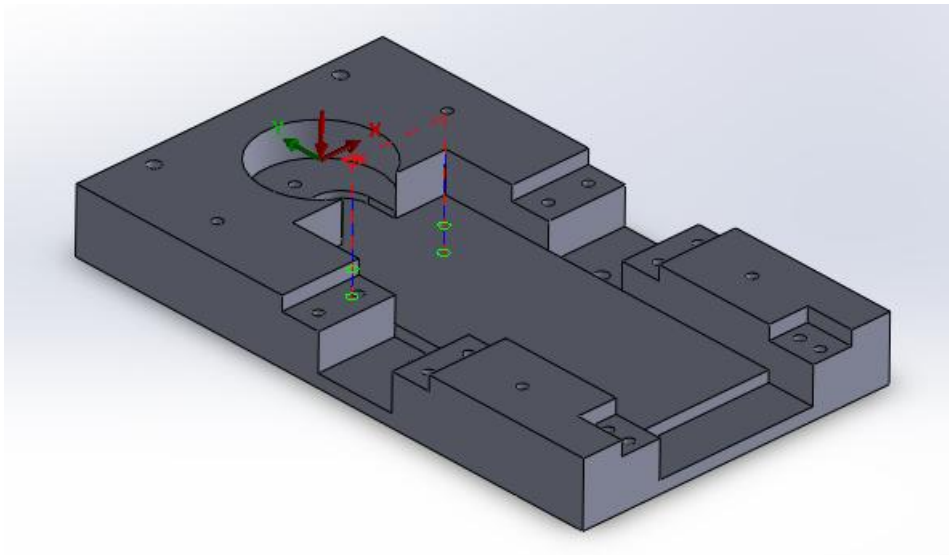


Figura 3.59: Operación de broca de agujeros del postizo de la pieza.

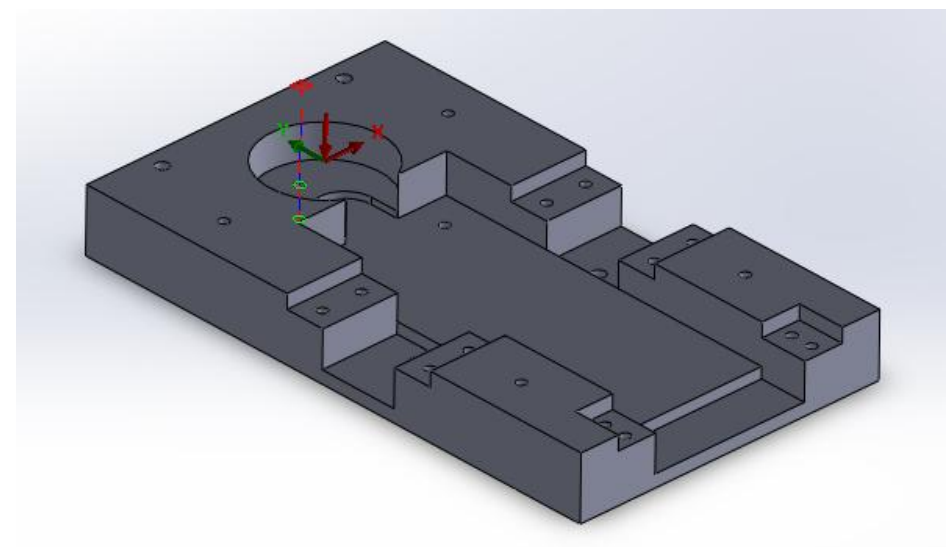


Figura 3.60: Operación de broca de agujero del postizo cilindro.

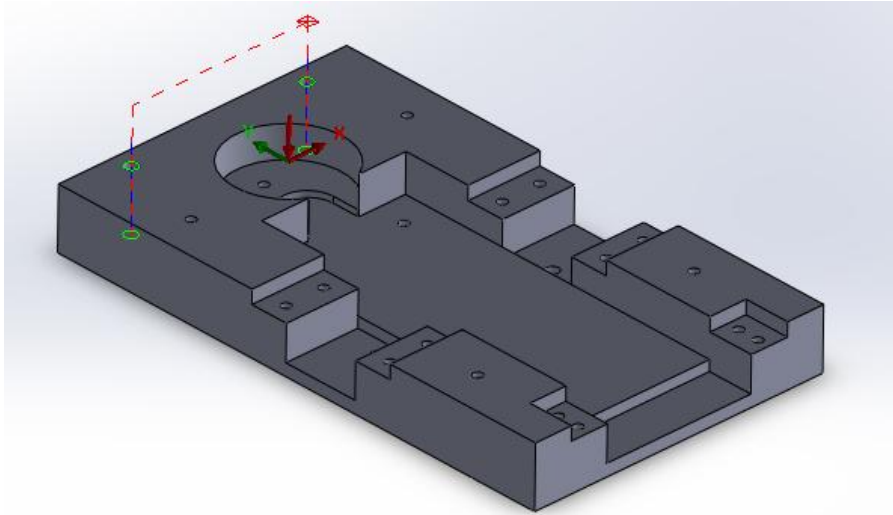


Figura 3.61: Operación de broca de agujeros de varillas de 40 mm de profundidad.

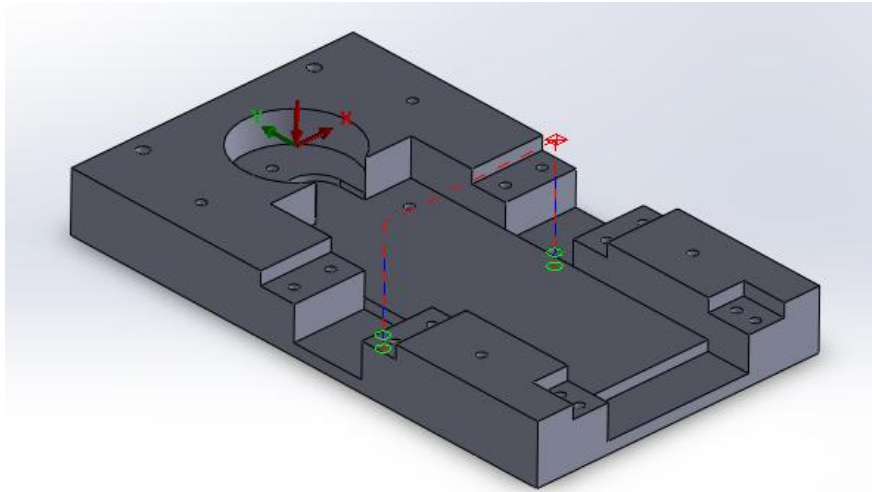


Figura 3.62: Operación de broca de agujeros de varillas de 8 mm de profundidad.

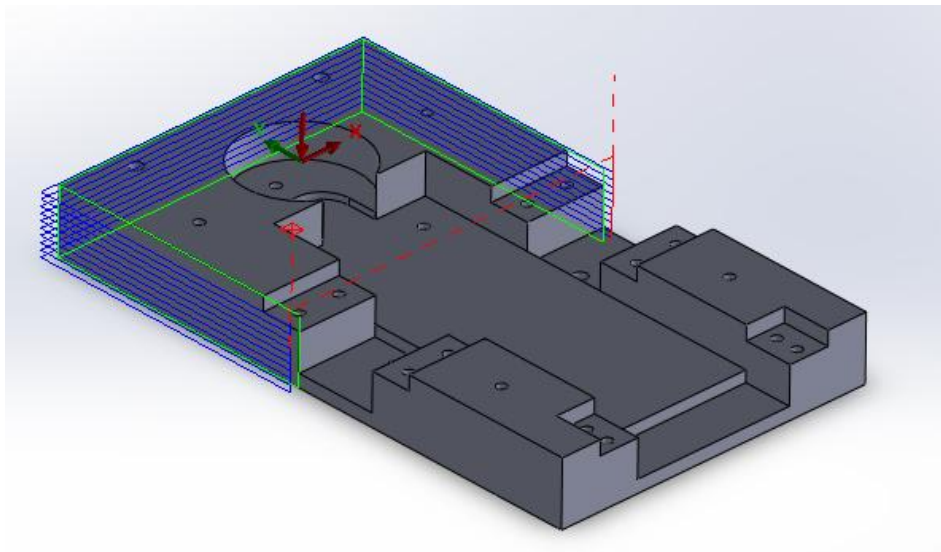


Figura 3.63: Operación de contorno abierto 1.

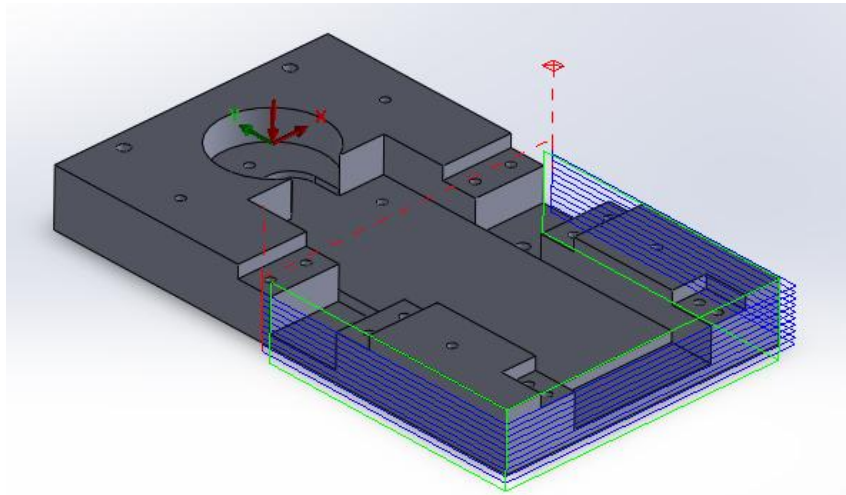


Figura 3.64: Operación de contorno abierto 2.

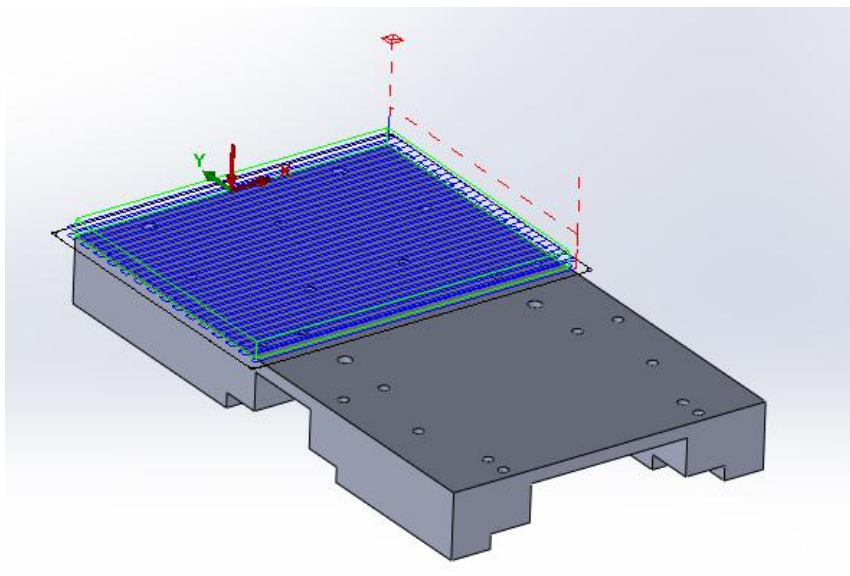


Figura 3.65: Operación de planeado inferior 1.

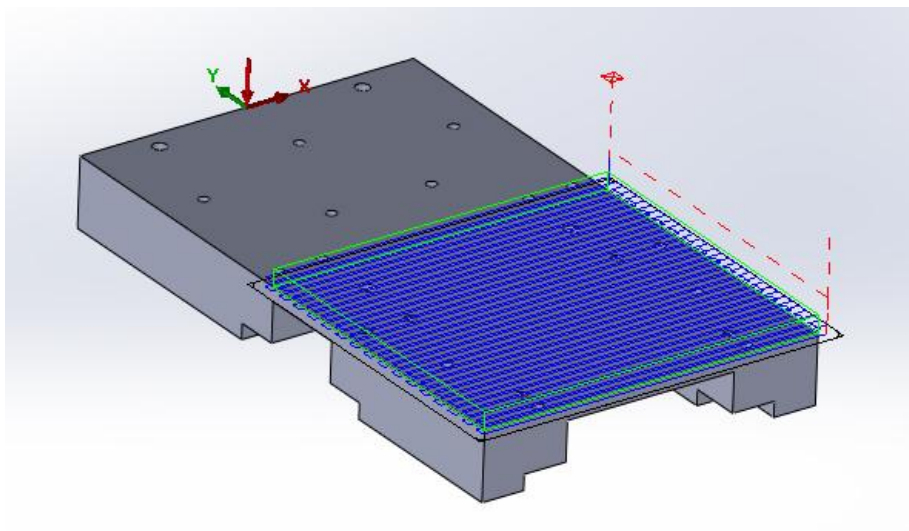


Figura 3.66: Operación de planeado inferior 2.

Además de las capturas adjuntadas en las páginas anteriores, donde se observa claramente los caminos que recorre la herramienta al realizar el mecanizado, CamWorks tiene otra opción que nos permite ver cómo la herramienta va avanzando a lo largo de los caminos generados. Esta herramienta es muy útil si queremos asegurarnos del camino que va a seguir la herramienta junto con el cabezal durante el mecanizado, sobre todo en aquellas superficies o geometrías que requieran un control más exhaustivo.

La función comentada se denomina Paso a Paso del Camino de Herramienta y se utiliza, fundamentalmente, para verificar la posición de la herramienta a lo largo del camino que sigue para realizar el mecanizado. Además de todo esto, permite avanzar a distintas velocidades, indica en todo momento las coordenadas en las que se encuentra la herramienta y describe el tipo de movimiento que se está realizando (lineal, curvo, etc). A continuación añadimos unos ejemplos de esta función.

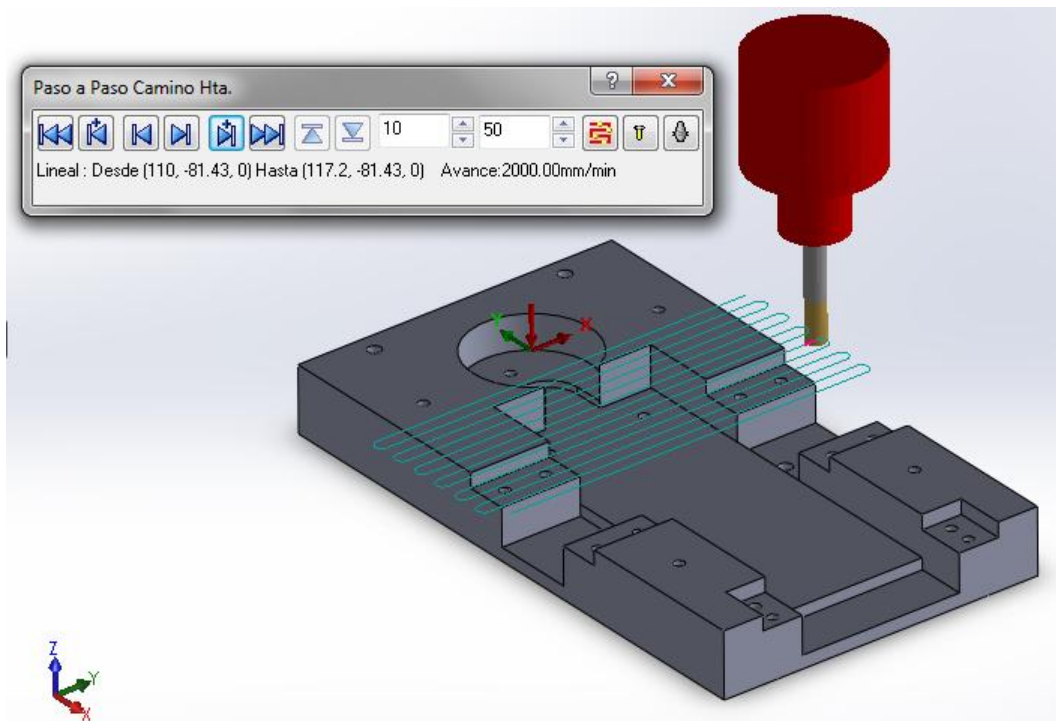


Figura 3.67: Paso a paso de la operación planeado superior.

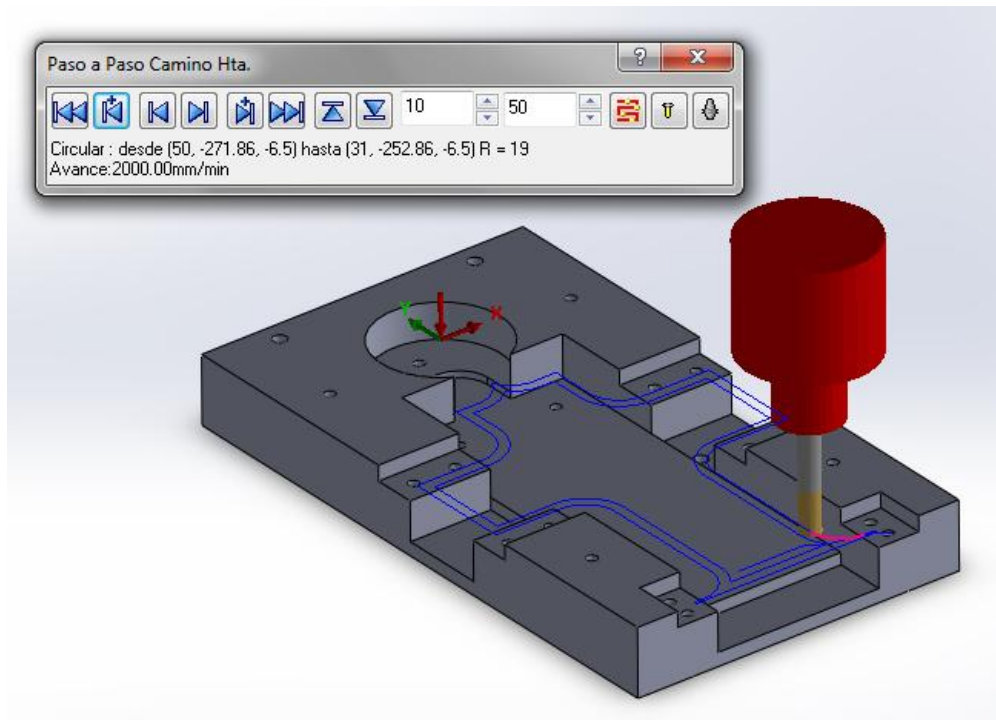


Figura 3.68: Paso a paso de la operación desbaste superior.

3.3.8. Simulación del proceso de mecanizado y comprobación de resultados finales

Una vez definidas todas las operaciones de mecanizado con sus correspondientes parámetros, debemos comprobar que dichas operaciones van a dar como resultado la pieza que hemos diseñado. Para ello, CamWorks incluye un simulador de mecanizado bastante útil. Sobre todo, porque tras la simulación, nos indica la exactitud de la pieza resultante respecto a la diseñada mediante un sistema de colores, a los cuales se les asigna automáticamente unas dimensiones de error, tanto por defecto como por exceso. Esto se observa claramente en las esquinas de la figura mecanizada, ya que según nuestro diseño deben ser vivas, pero el diámetro de la herramienta hace que tengan necesariamente un pequeño radio de redondeo.

El simulador tiene multitud de opciones, todas ellas accesibles desde la intuitiva ventana que se activa al seleccionarlo:

- Vista en sección de la pieza mecanizada.
- Visualización en función de los caminos de herramienta, operación, hasta cambio de herramienta, o directamente hasta el resultado final.
- Detección y aviso de colisiones, pudiéndose activar o desactivar la opción.
- Comparación de diferencias geométricas.
- Mostrar las coordenadas de la herramienta en cada trayectoria.
- Activar o desactivar la visualización de varios elementos como la herramienta, el cabezal o el tocho del material.

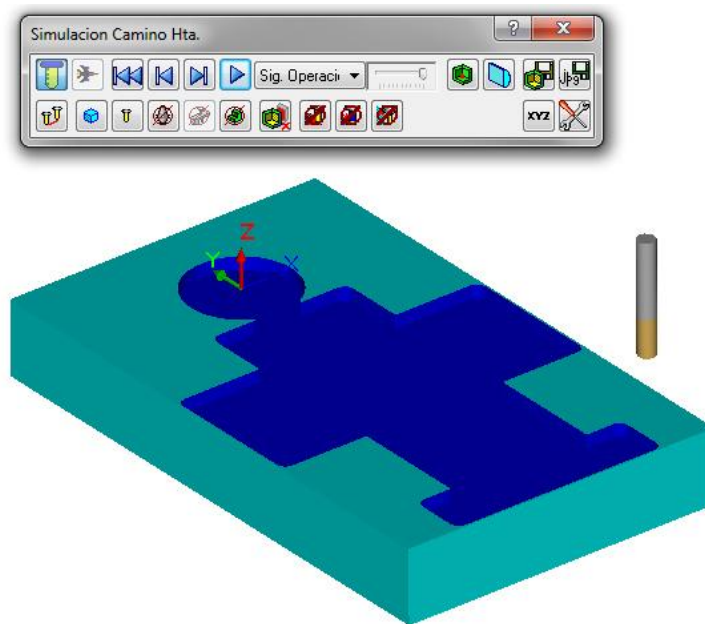


Figura 3.69: Simulación del proceso de mecanizado.

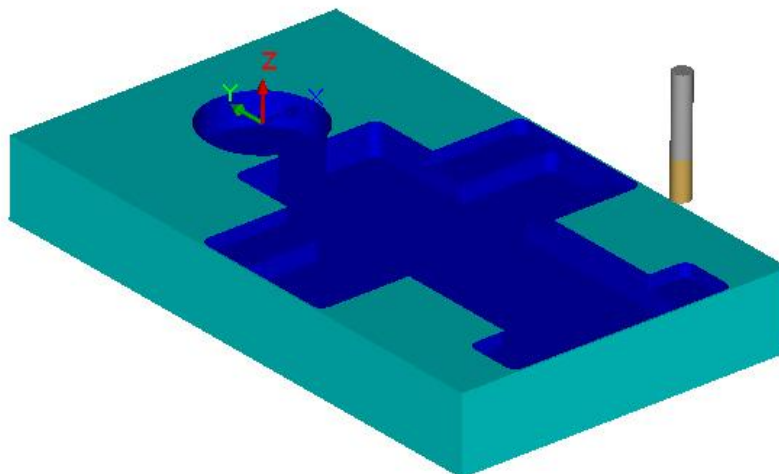


Figura 3.70: Simulación del proceso de mecanizado.

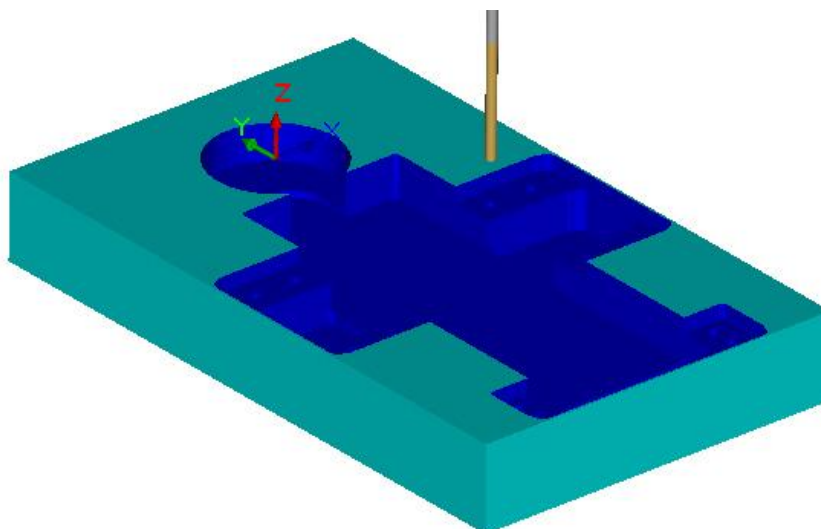


Figura 3.71: Simulación del proceso de mecanizado.

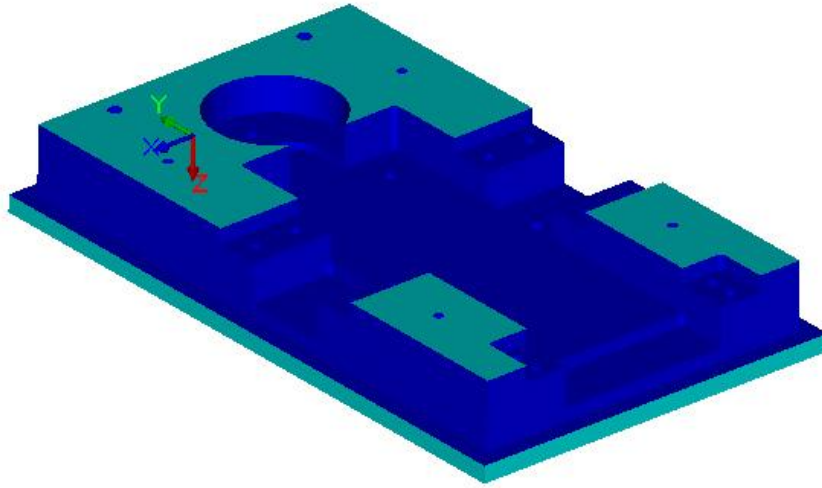


Figura 3.72: Simulación del proceso de mecanizado.

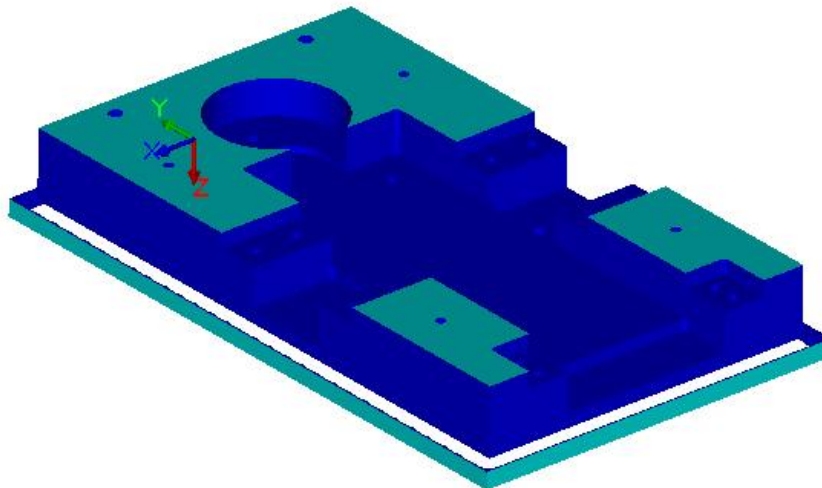


Figura 3.73: Simulación del proceso de mecanizado.

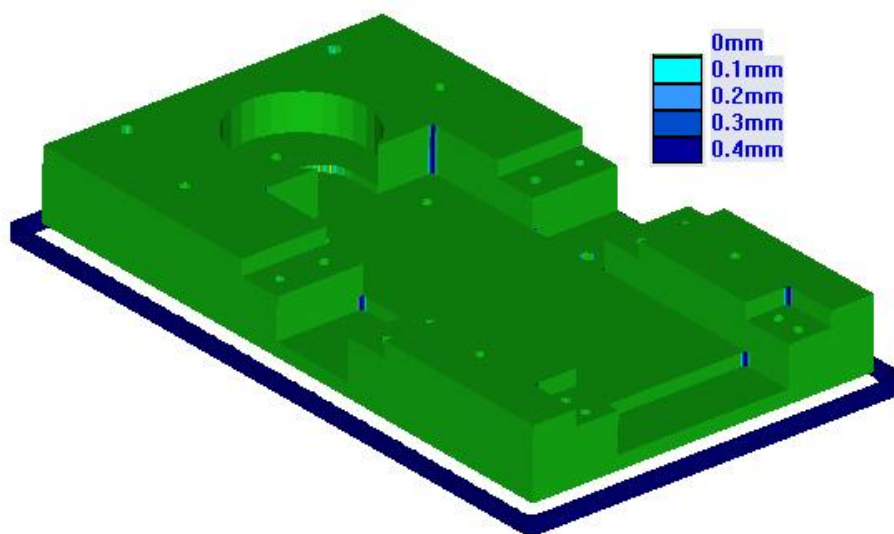


Figura 3.74: Simulación y comparación dimensional del proceso de mecanizado.

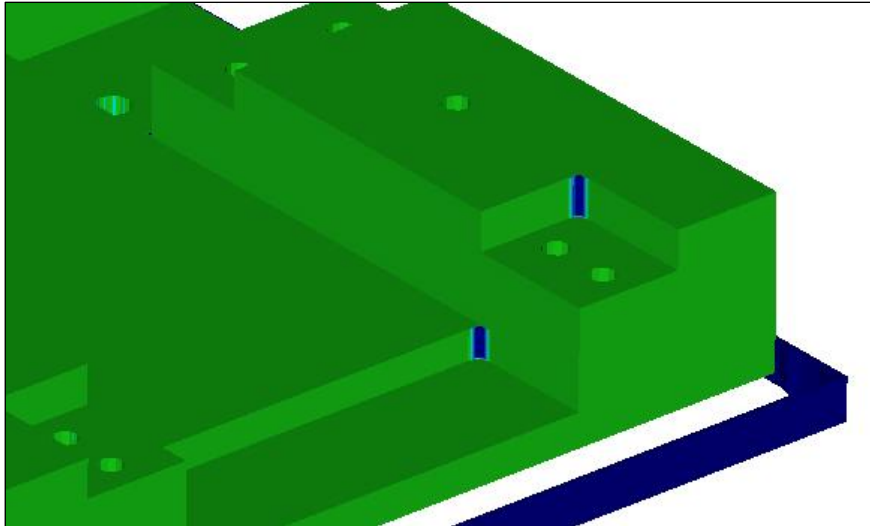


Figura 3.75: Detalle de la comparación dimensional del simulador de mecanizado.

3.3.9. Postprocesado. Generación de programas de CN

Como último paso llegamos al verdadero objetivo del uso del CamWorks, el cual es la generación de los programas de mecanizado, que posteriormente tendremos que insertar en la máquina para que realice las operaciones que hemos definido en el CamWorks.

En primer lugar debemos establecer el origen de coordenadas, así como situar los ejes en las direcciones que consideremos oportunas. La fresadora del taller de la UPCT, tiene los ejes de coordenadas colocados de la siguiente manera:

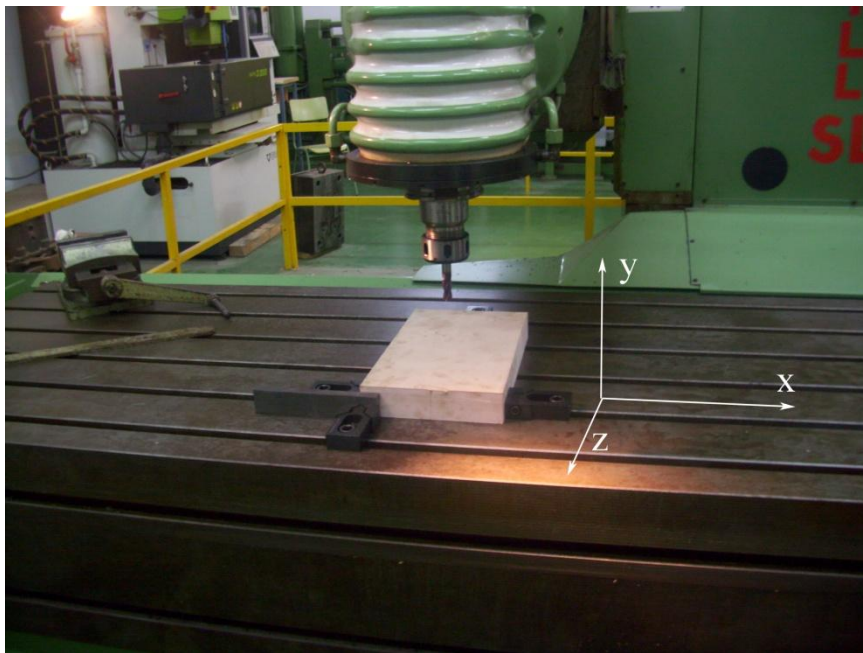


Figura 3.76: Ejes de coordenadas en la fresadora a emplear.

Esta atípica situación de los ejes de coordenadas en una fresadora, se debe a que ésta está pensada para trabajar con el cabezal en dirección horizontal y así se tendría el *eje z* en la dirección de profundidad de mecanizado, como suele ocurrir en la mayoría de las máquinas de fresado. Atendiendo a esta configuración debemos tener dos cosas en cuenta:

1ª. Definición del sistema de coordenadas en CamWorks

La definición de los ejes debemos hacerla definiendo el *eje x* de la pieza en la misma dirección y sentido que el *eje x* de la fresadora, así, tal y cómo tengamos situada la pieza respecto al *eje x* definido, la tendremos colocada en la mesa de trabajo.

En el caso de esta primera pieza, la queremos tener colocada con su arista más larga perpendicular a la mesa de trabajo, así tendremos más opciones de amarres una vez que comencemos la fabricación. El origen lo situamos en el centro del círculo del cilindro seleccionando la opción de “centro de arco” y marcando el arco del cilindro. Mientras que el *eje x* lo definimos pulsando la opción arista y seleccionando una arista que tenga la dirección en la que queremos establecer el *eje x*. El origen y sistema de coordenadas quedaría, por tanto, de la siguiente manera.

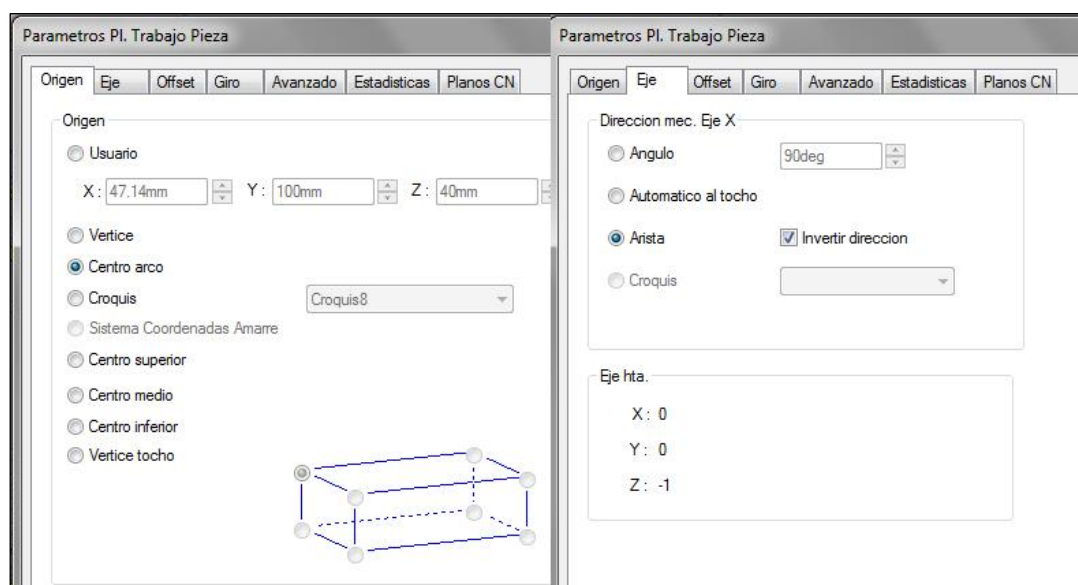


Figura 3.77: Definición del sistema de coordenadas de la pieza.

A estas ventanas accedemos haciendo clic en los planos de trabajo que tengamos creados y pulsando “editar definición”. El sistema de coordenadas se puede modificar en cualquier momento pero se ha de tener en cuenta que esto modificará los códigos CN y, por tanto, habrá que volver a generarlos sustituyendo los anteriores.

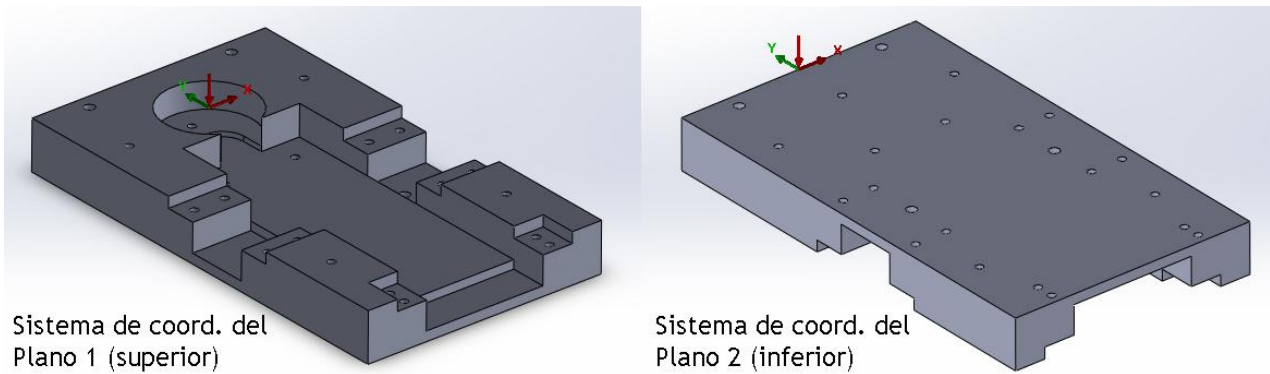


Figura 3.78: Sistemas de coordenadas de la pieza.

En aquellas piezas que requieran ser mecanizadas en varios planos de trabajo, es recomendable establecer el origen de cada plano en un punto que pueda localizarse una vez que se cambia la pieza de posición. Para estos casos es común el empleo de palpadores para la localización exacta del punto donde hemos definido el origen.

Por ejemplo, en la parte fija del molde, el origen de coordenadas, tanto el del plano superior como el inferior, lo hemos situado en el agujero del cilindro. Así, una vez que se ha mecanizado la parte superior y se procede al cambio de plano de la pieza, tenemos que tocar con el palpador en varios puntos del círculo mecanizado y así obtener el centro, donde situaremos el origen de la fresadora.

Otro ejemplo es definir los orígenes en puntos que podamos localizar a partir de alguna de las aristas mecanizadas. De esta manera, con el palpador podemos situar fácilmente el origen del plano a mecanizar y una vez que tengamos las coordenadas, introducirlas en la fresadora como el origen de la pieza.

2ª. Adaptación de los programas CN al sistema de coordenadas de la fresadora (post – postprocesado)

Tal y como hemos descrito antes, la fresadora que se empleará tiene un sistema de coordenadas distinto al habitual en las operaciones de fresado. Uno de los grandes inconvenientes que hemos encontrado al emplear CamWorks es que no se nos permite establecer los ejes de coordenadas con total libertad, siendo obligatorio que el *eje z* sea el referente a la profundidad de mecanizado.

De esta manera, los programas CN que genera CamWorks siempre tendrán el *eje z* en la dirección de profundidad de mecanizado, mientras que en nuestra máquina esta dimensión es la del *eje y*. Por tanto, nos vemos en la necesidad de cambiar el *eje y* por el *eje z* en todas las líneas de los códigos CN de mecanizado.

Para ello, hemos empleado un programa programado en Basic que se encarga de modificar los programas “.txt” intercambiando el *eje y* por el *eje z*, así como las interpolaciones circulares referentes a estos ejes. Además, modifica y elimina algunas

otras funciones que no se emplean o que la máquina no es capaz de leer y no afectan al mecanizado. El código del programa se adjunta en los Anexos del proyecto.

Por tanto, los pasos a seguir para obtener los programas de CN definitivos para introducirlos en la máquina son:

1. Definición del origen y ejes de coordenadas tal y como se describe más arriba.
2. Postprocesado en CamWorks a través del controlador de nuestra máquina.
3. “Post – Postprocesado”: Adaptación de estos programas mediante el programa de Basic para el cambio del sistema de coordenadas al de nuestra fresadora.

Seleccionando cada operación y pulsando en “Postprocesar”, solo tenemos que escoger un nombre para nuestro programa y comenzar el postprocesado. Una vez que se ha generado el código, nos aparece en la ventana las líneas del programa, su tamaño, el control empleado y el número de programa asignado, el cual podremos modificar en el documento de texto generado.

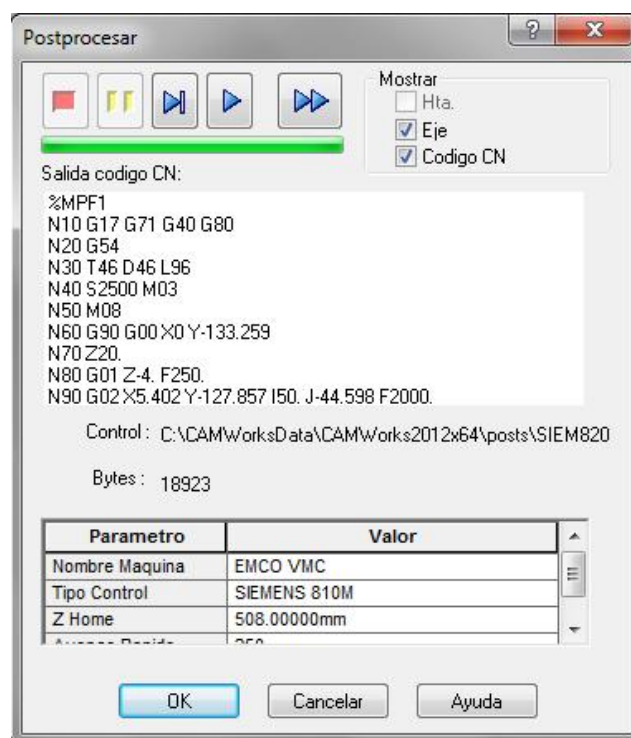


Figura 3.79: Ventana del postprocesado en CamWorks.

3.4. Rasgos y operaciones de las piezas que componen el molde

Una vez que hemos descrito todo el proceso que hay que realizar hasta llegar a la obtención de los programas de CN para el mecanizado, solo hay que extender las explicaciones anteriores a las demás piezas del ensamblaje que compone el molde.

En las siguientes páginas se adjuntan capturas de pantalla con los sistemas de coordenadas, tocho de material, rasgos, operaciones y simulaciones para cada una de las piezas que se van a fabricar, al igual que se ha realizado en el capítulo anterior para la parte móvil del molde.

3.4.1. Parte fija del molde

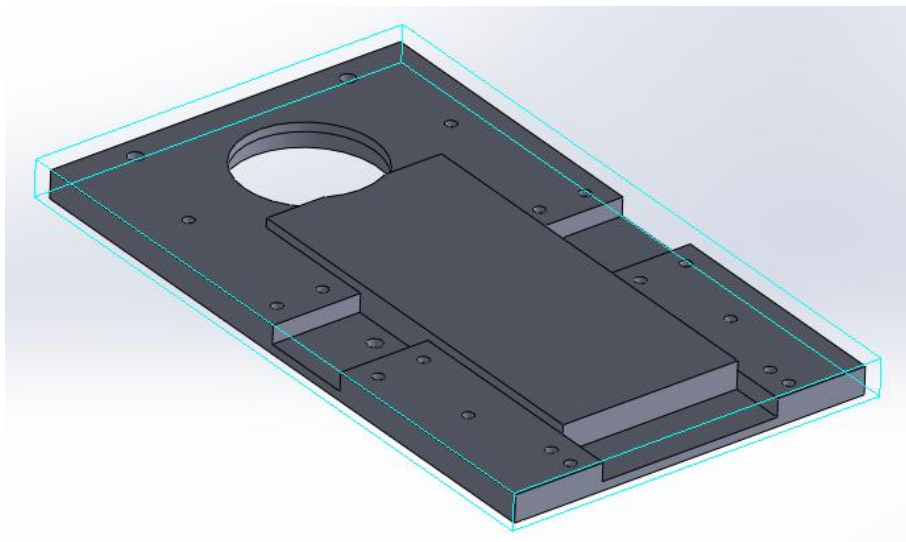


Figura 3.80: Tocho de material para la parte fija del molde.

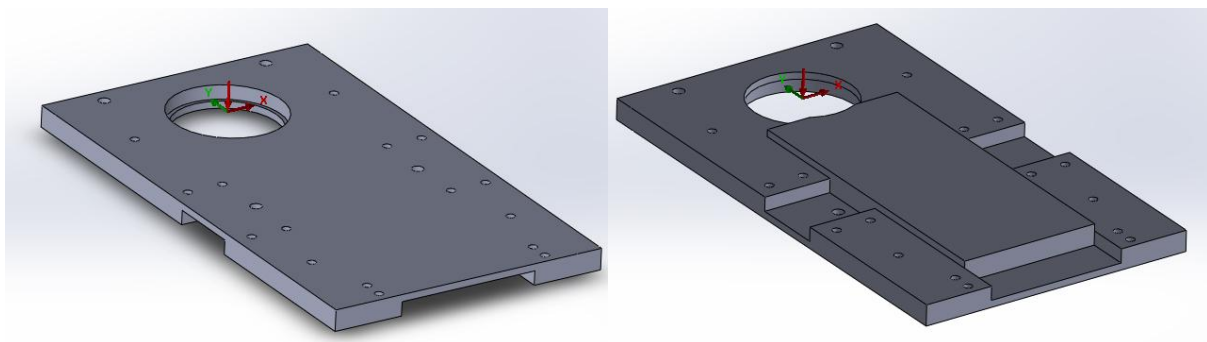


Figura 3.81: Sistemas de coordenadas de la parte fija del molde.



Figura 3.82: Lista de rasgos de la parte fija del molde.

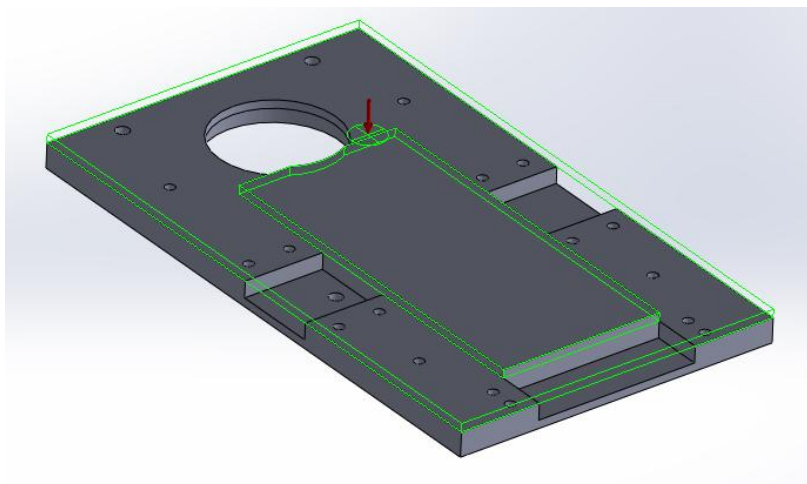


Figura 3.83: Rasgo de rebaje rectangular de la parte fija del molde.

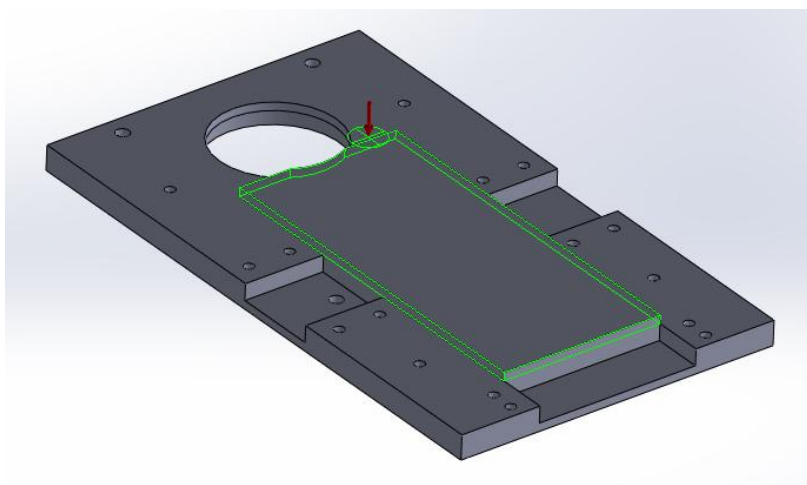


Figura 3.84: Rasgo de macho irregular de la parte fija del molde.

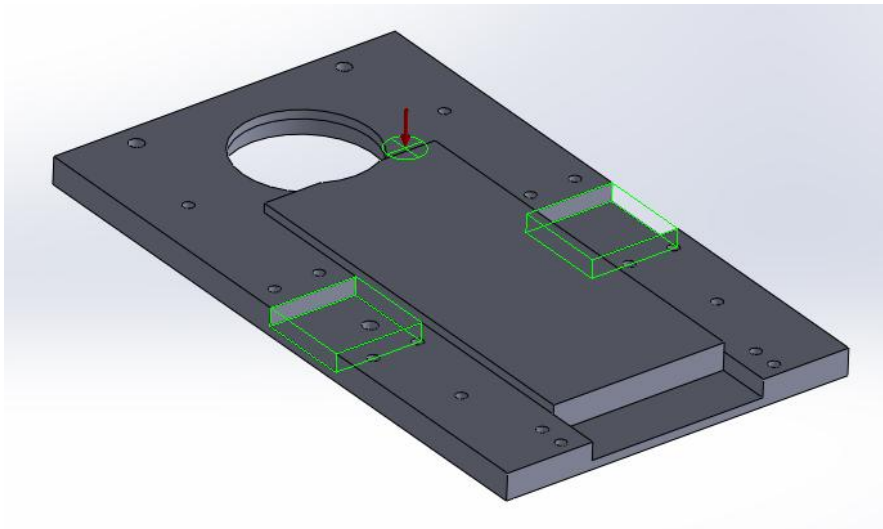


Figura 3.85: Rasgo de rebaje de vientos laterales de la parte fija del molde.

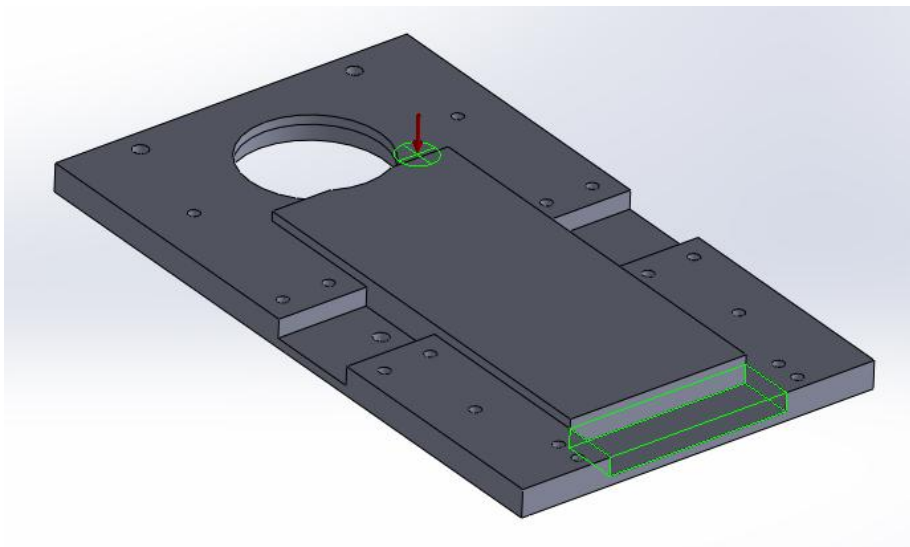


Figura 3.86: Rasgo de rebaje de viento superior de la parte fija del molde.

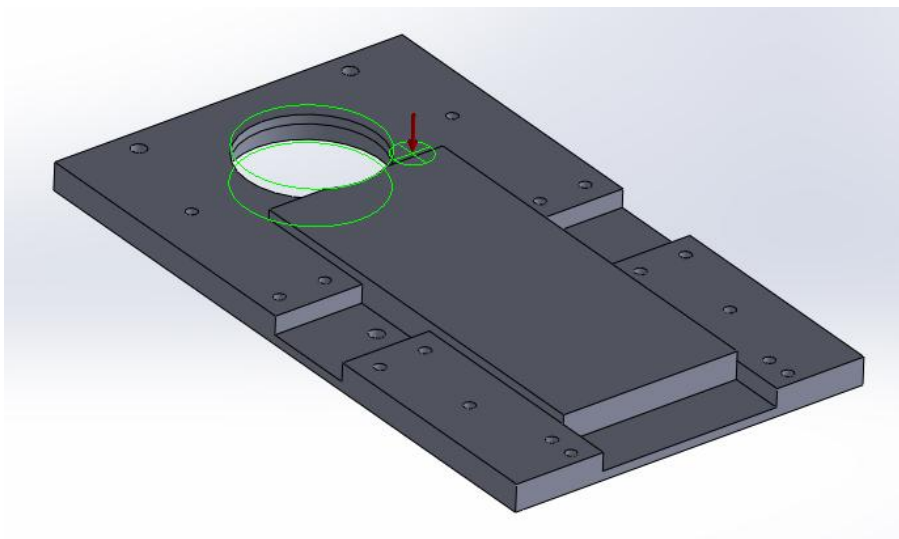


Figura 3.87: Rasgo de agujero del pistón de la parte fija del molde.

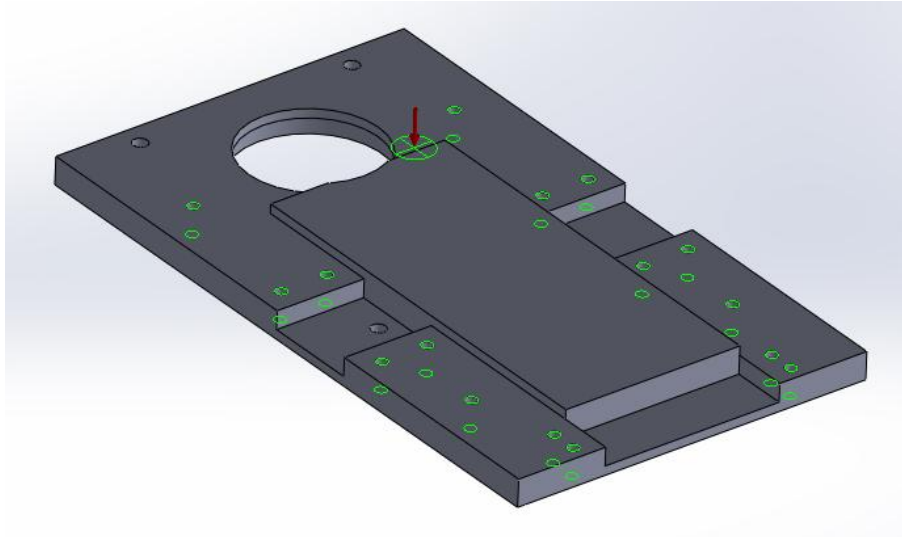


Figura 3.88: Rasgo de agujeros de 6 mm de la parte fija del molde.

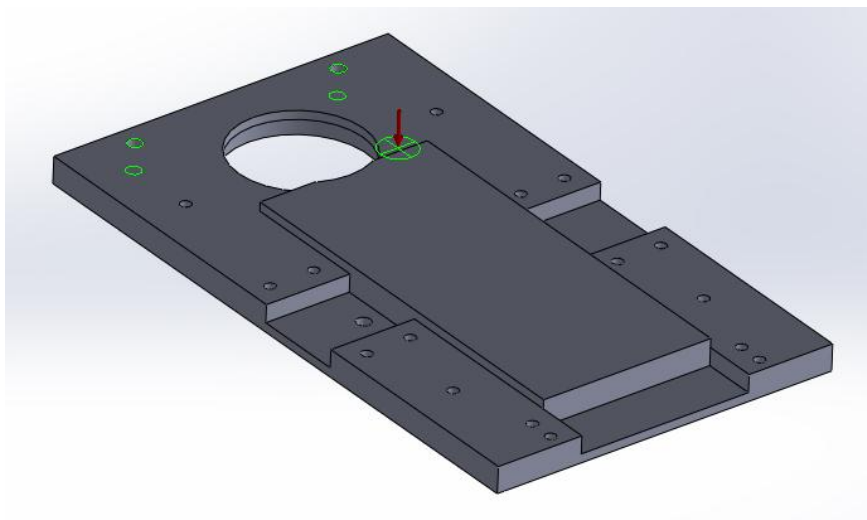


Figura 3.89: Rasgo de agujeros de varillas de 15 mm de la parte fija del molde.

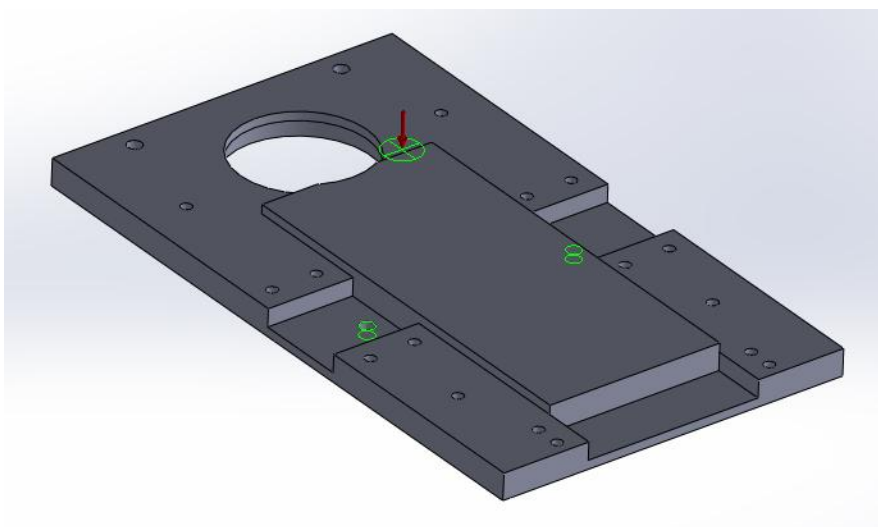


Figura 3.90: Rasgo de agujeros de de varillas de 5 mm de la parte fija del molde.

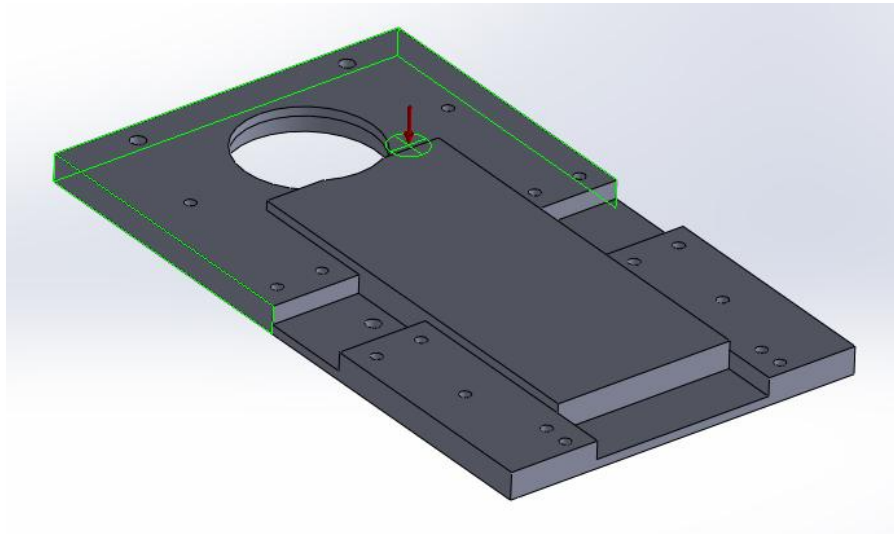


Figura 3.91: Rasgo de contorno abierto 1 de la parte fija del molde.

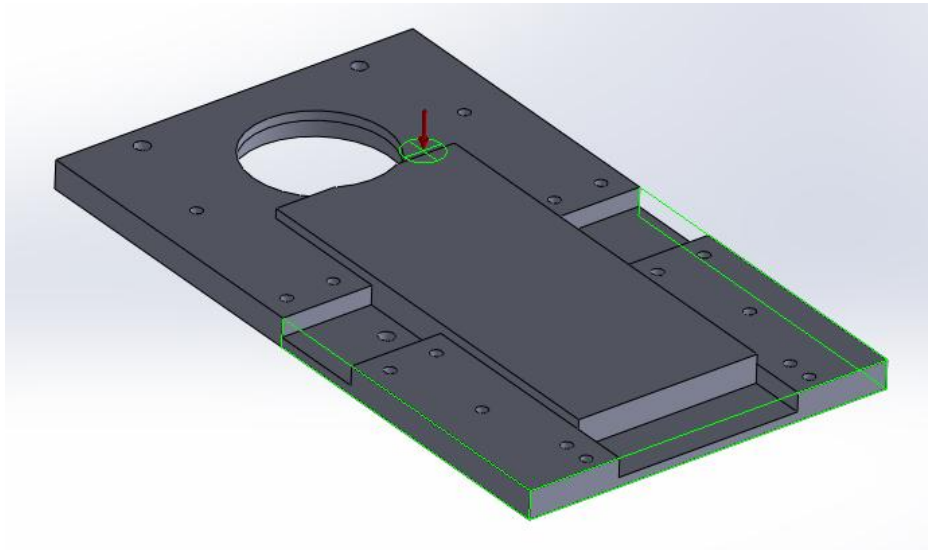


Figura 3.92: Rasgo de contorno abierto 2 de la parte fija del molde.

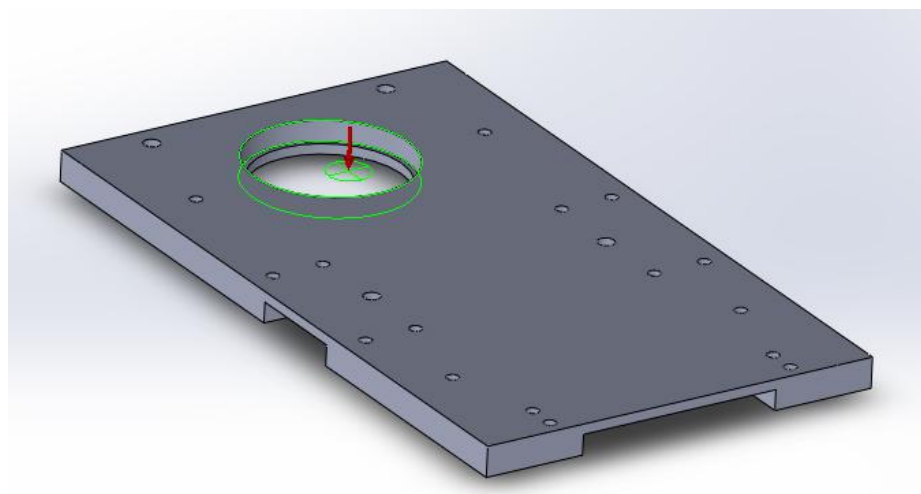


Figura 3.93: Rasgo de agujero del pistón posterior de la parte fija del molde.

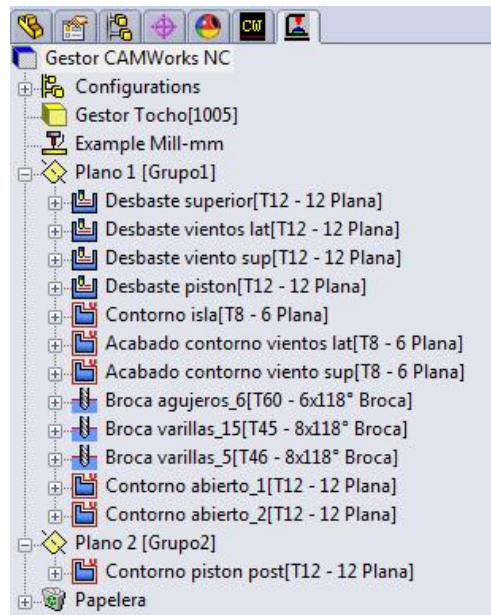


Figura 3.94: Lista de operaciones de la parte fija del molde.

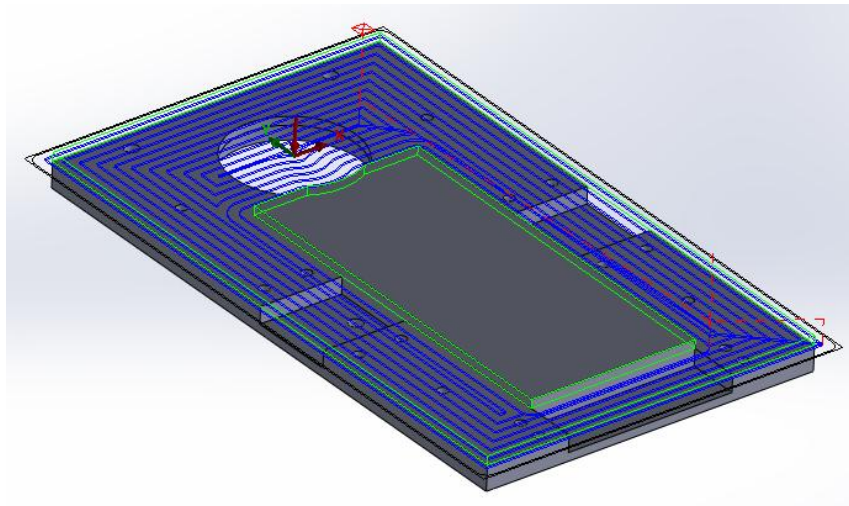


Figura 3.95: Operación de desbaste superior.

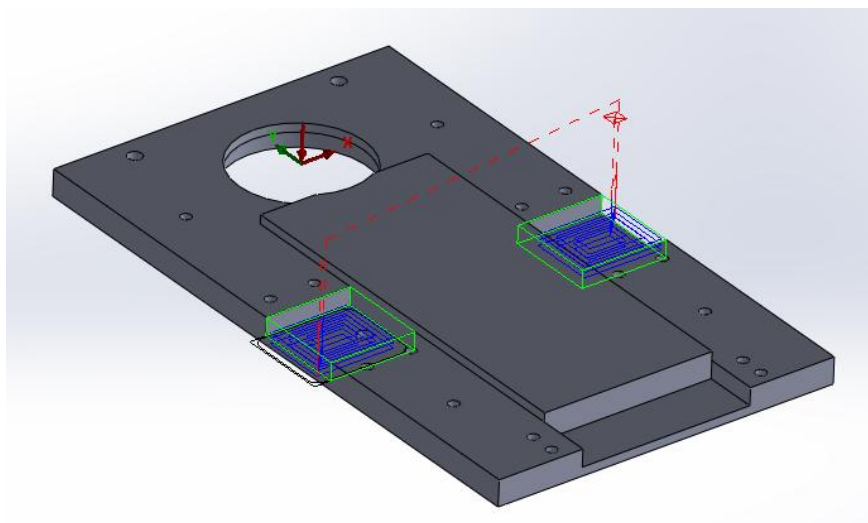


Figura 3.96: Operación de desbaste de vientos laterales.

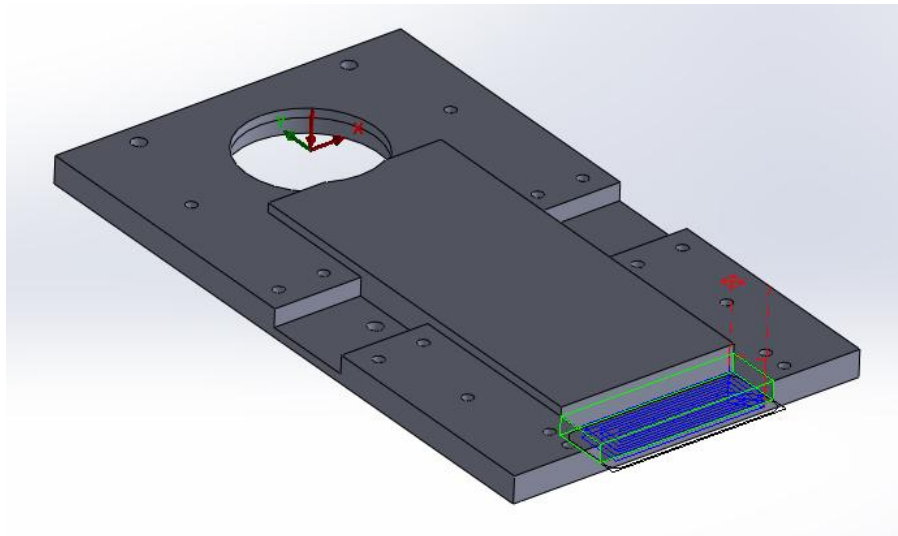


Figura 3.97: Operación de desbaste de viento superior.

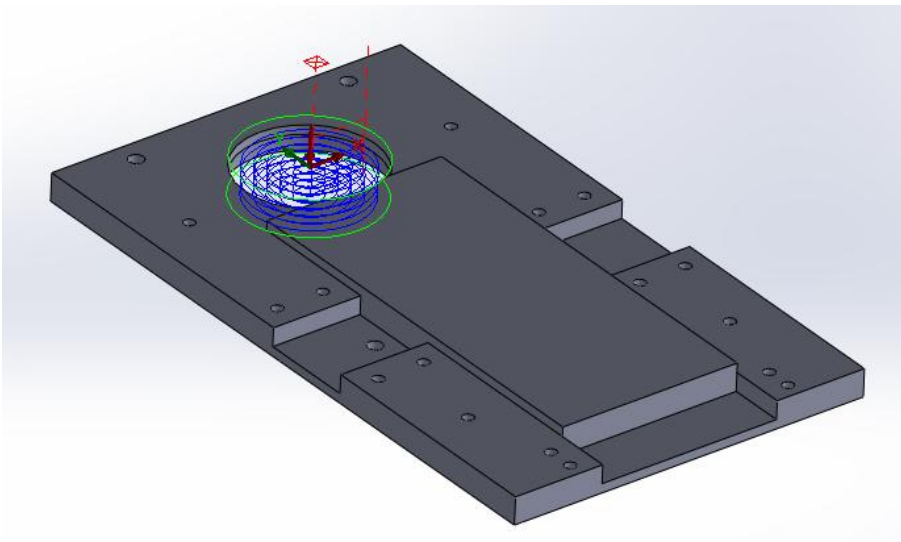


Figura 3.98: Operación de desbaste del agujero del pistón.

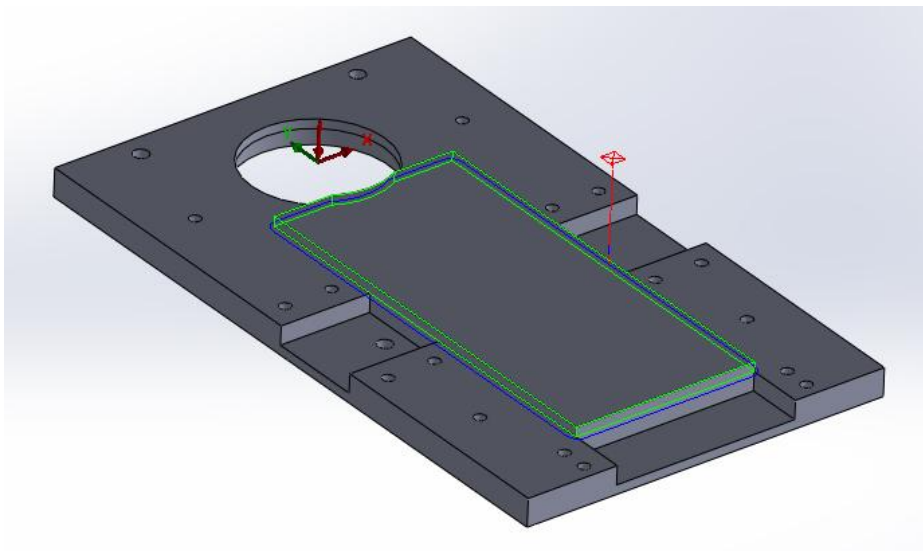


Figura 3.99: Operación de acabado de contorno de la isla.

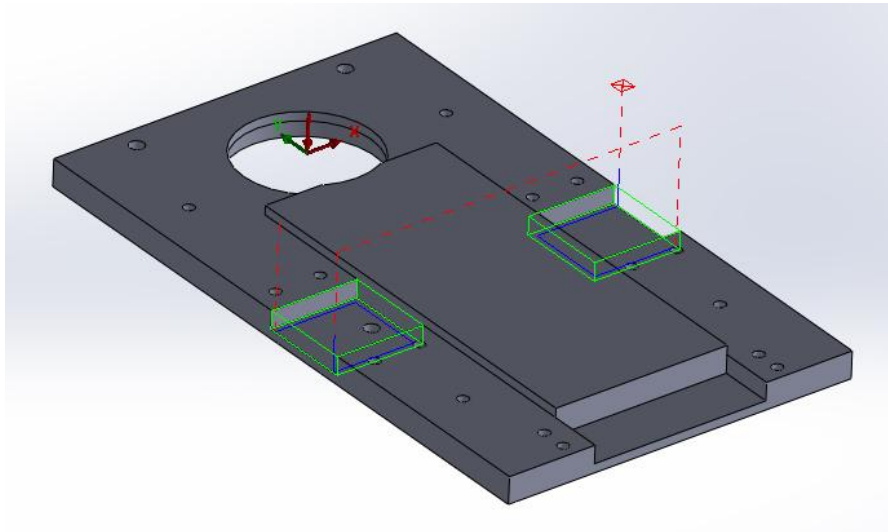


Figura 3.100: Operación acabado de contorno de vientos laterales.

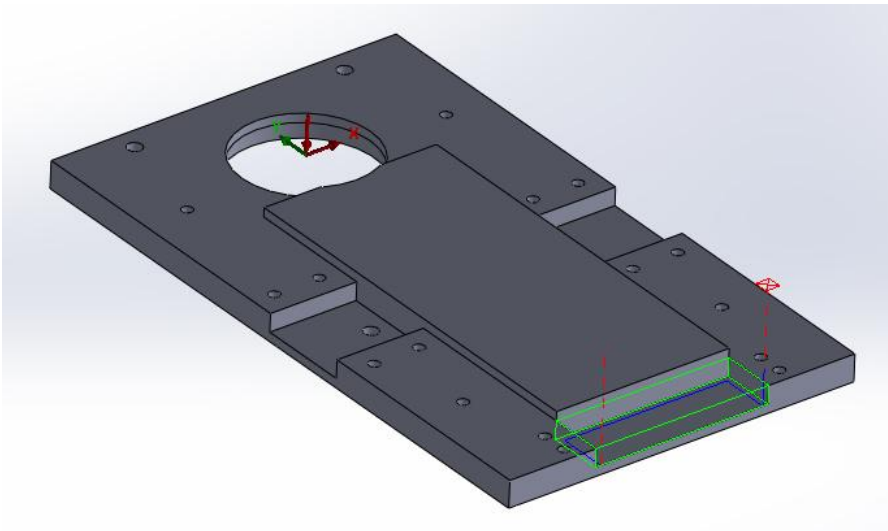


Figura 3.101: Operación acabado de contorno del viento superior.

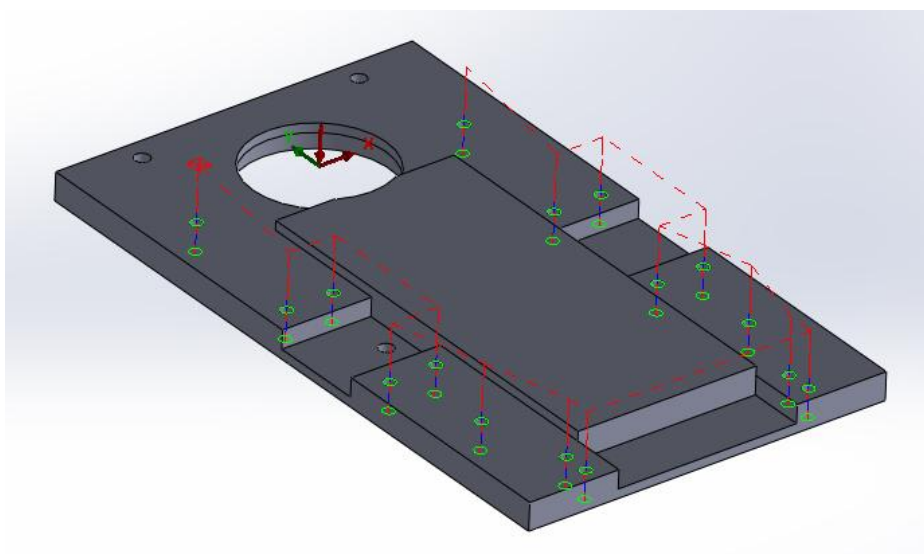


Figura 3.102: Operación de broca de agujeros de 6 mm de diámetro.

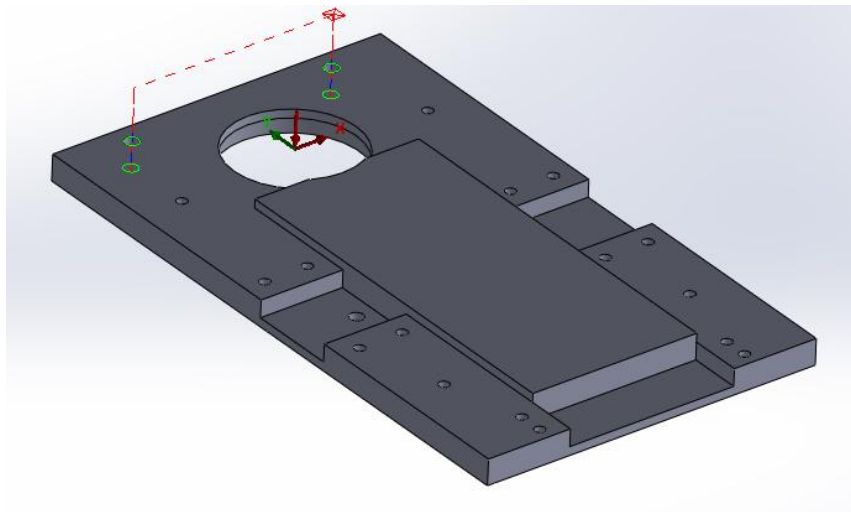


Figura 3.103: Operación de broca de varillas de 15 mm de profundidad.

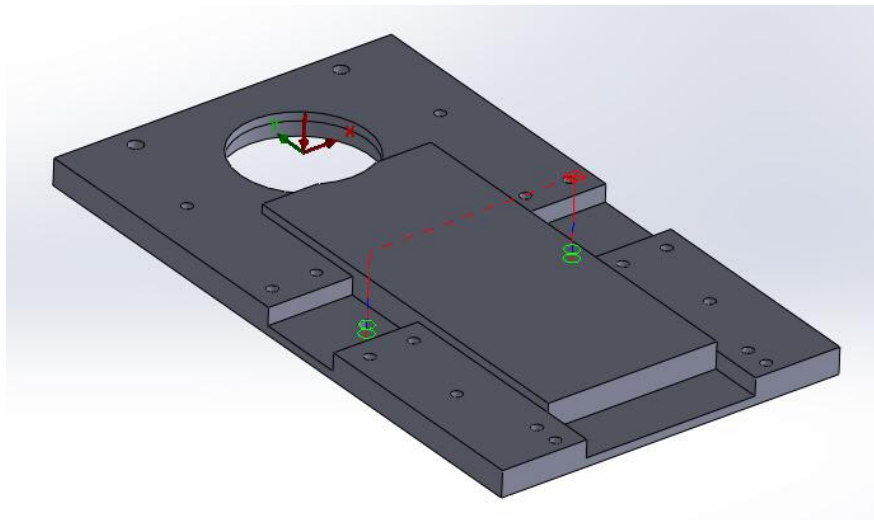


Figura 3.104: Operación de broca de varillas de 5 mm de profundidad.

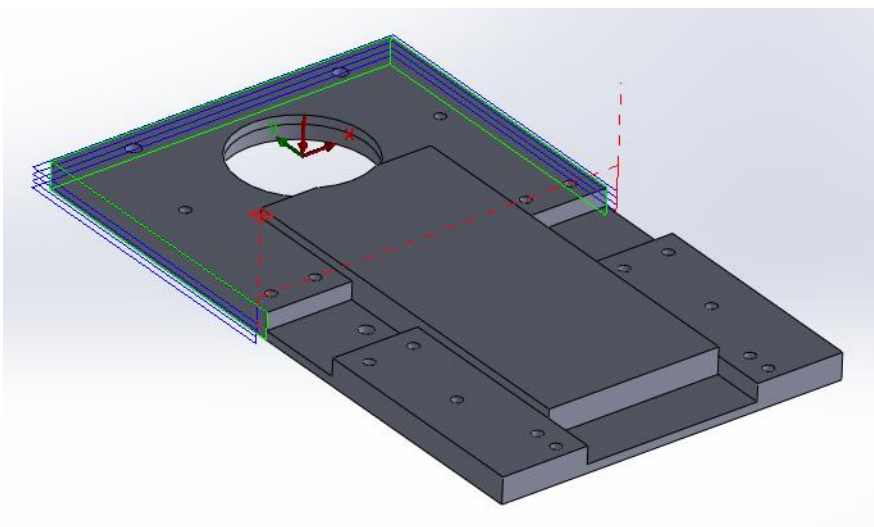


Figura 3.105: Operación de contorno abierto 1.

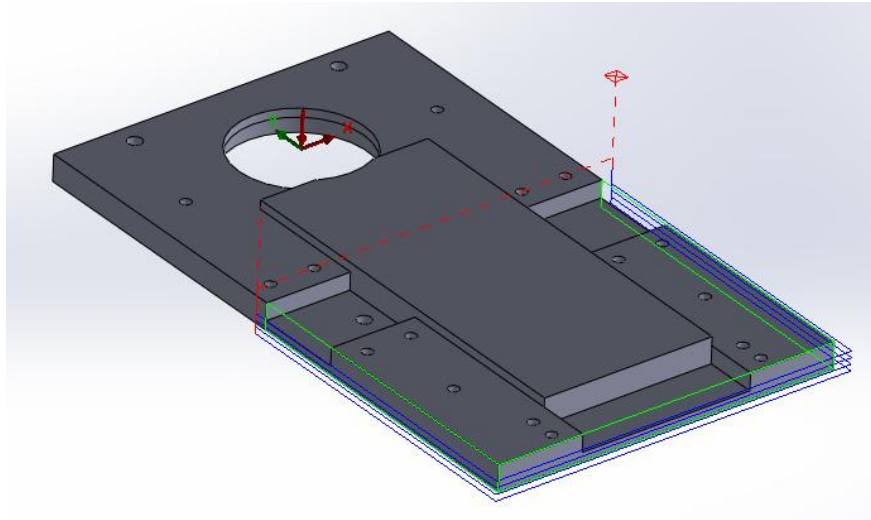


Figura 3.106: Operación de contorno abierto 2.

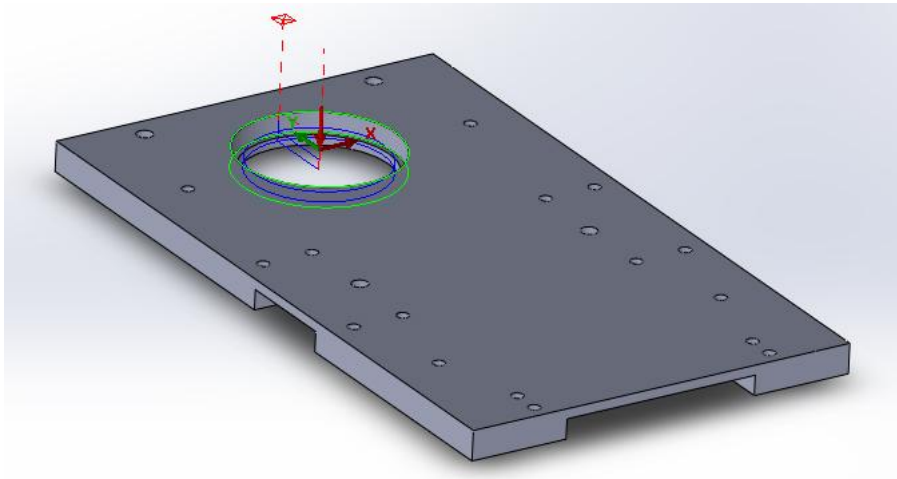


Figura 3.107: Operación de contorno del agujero del pistón posterior.

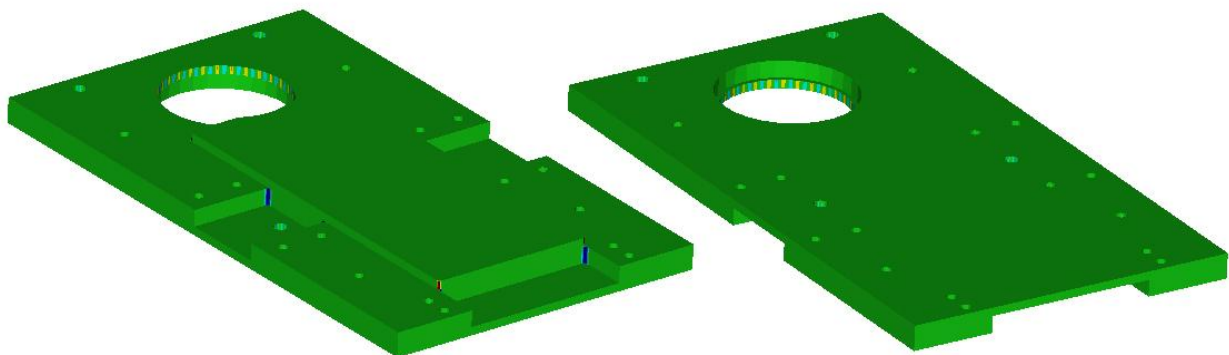


Figura 3.108: Simulación del mecanizado de la pieza.

3.4.2. Postizo de la pieza 4 mm recto

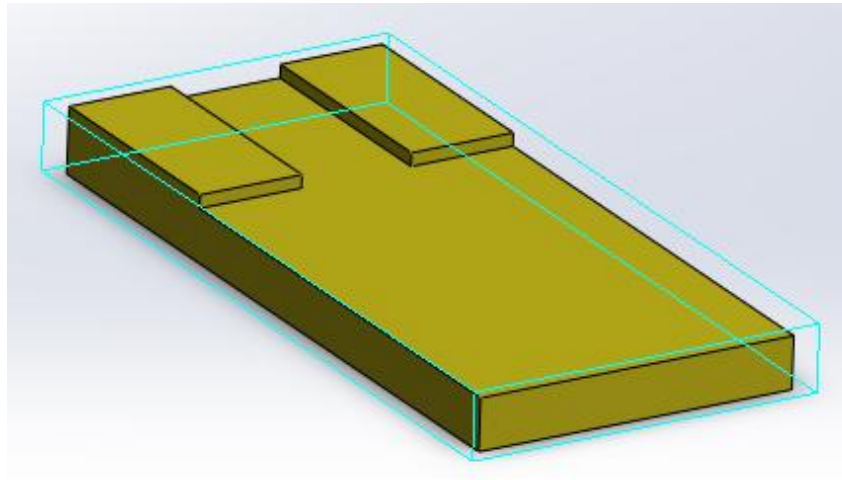


Figura 3.109: Tocho de material para el postizo de la pieza.

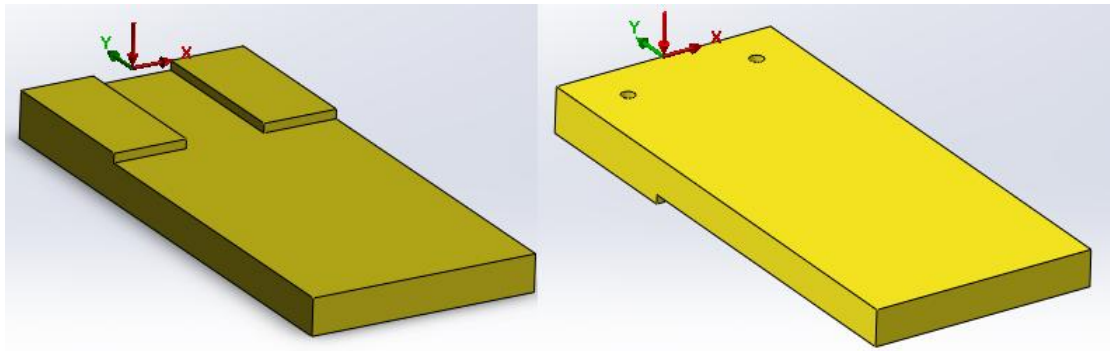


Figura 3.110: Sistemas de coordenadas del postizo.

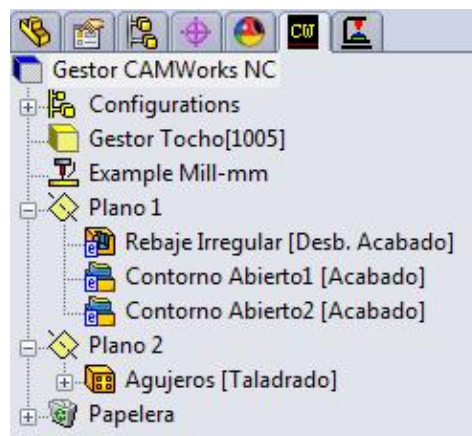


Figura 3.111: Lista de rasgos definidos para el postizo de la pieza.

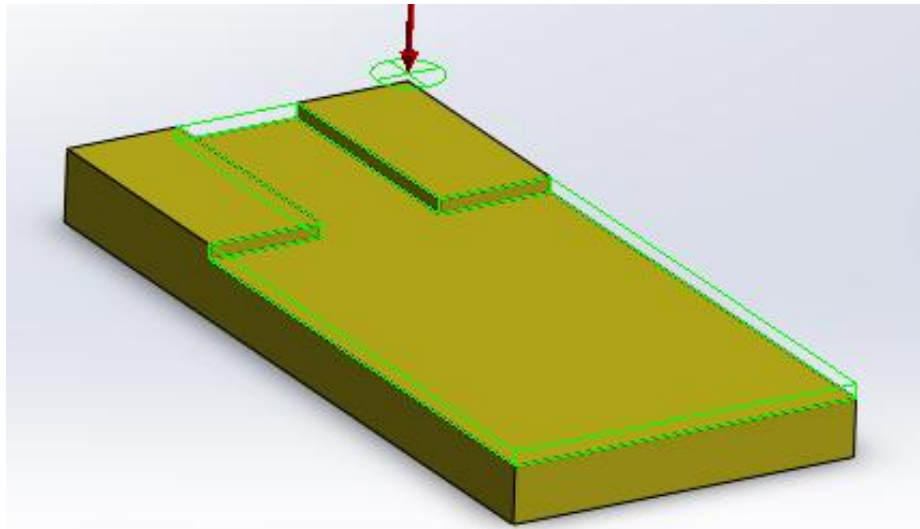


Figura 3.112: Rasgo de rebaje irregular.

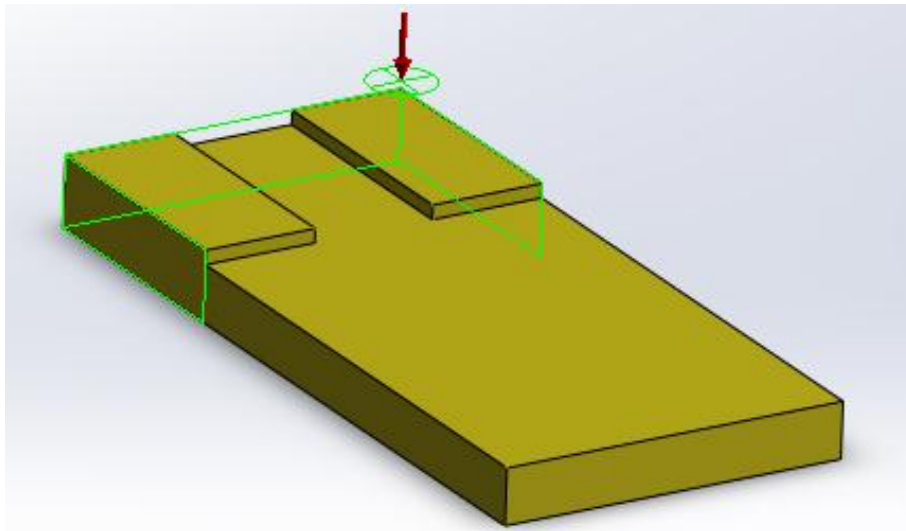


Figura 3.113: Rasgo de contorno abierto 1.

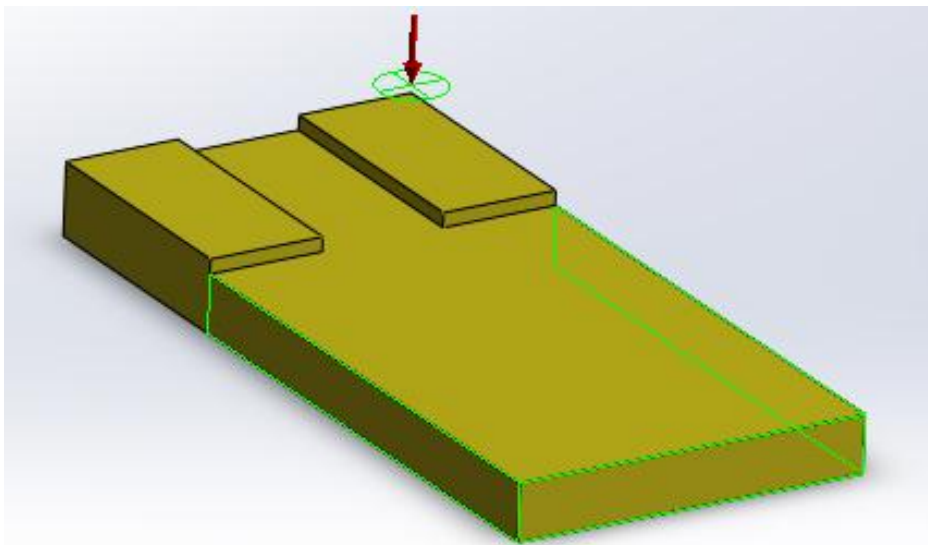


Figura 3.114: Rasgo de contorno abierto 2.

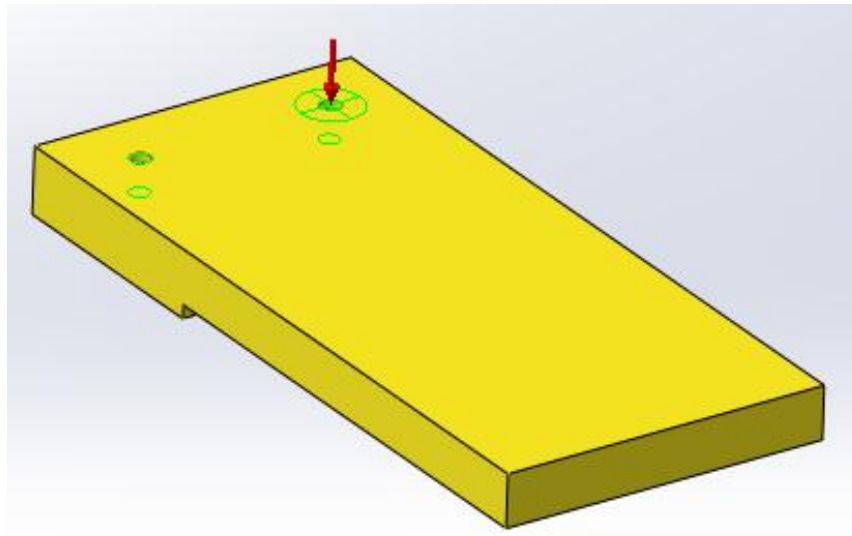


Figura 3.115: Rasgo de agujeros del postizo.

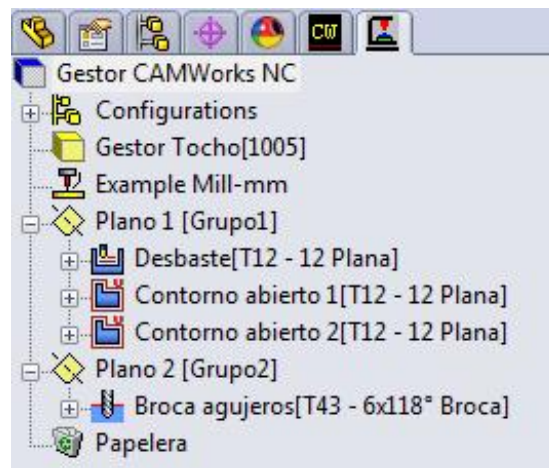


Figura 3.116: Lista de operaciones de mecanizado del postizo de la pieza.

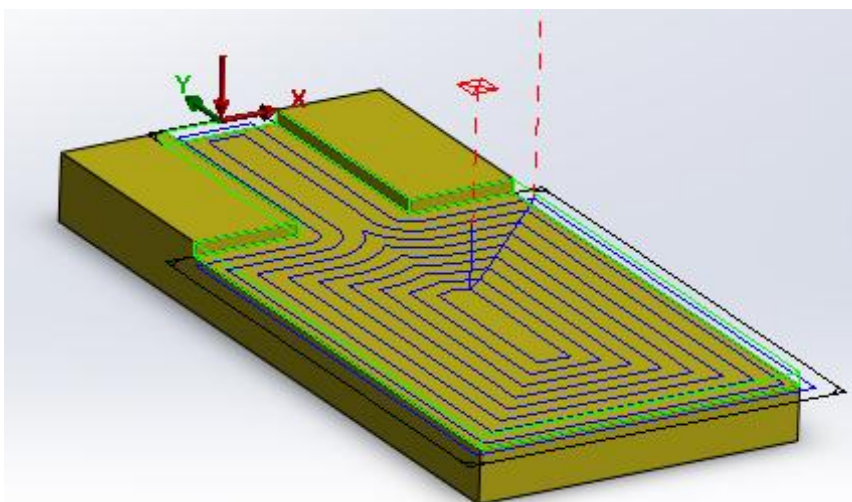


Figura 3.117: Operación de desbaste.

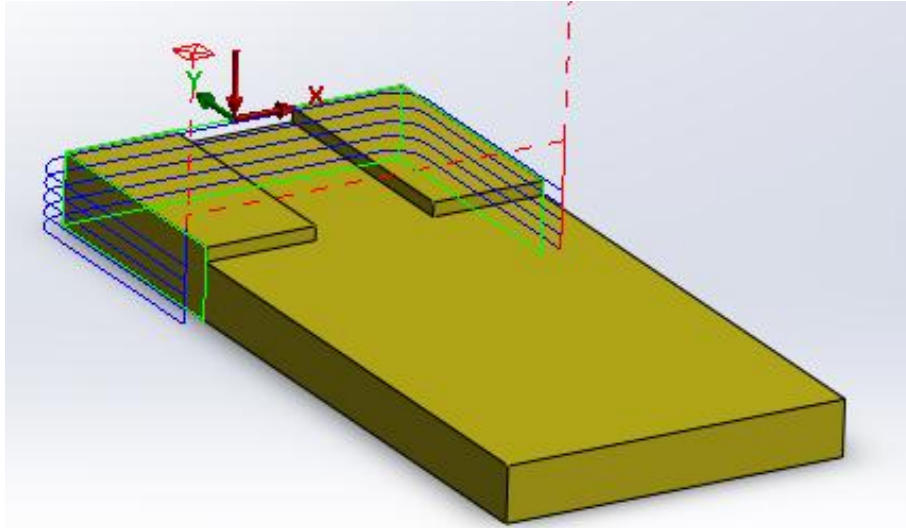


Figura 3.118: Operación de contorno abierto 1.

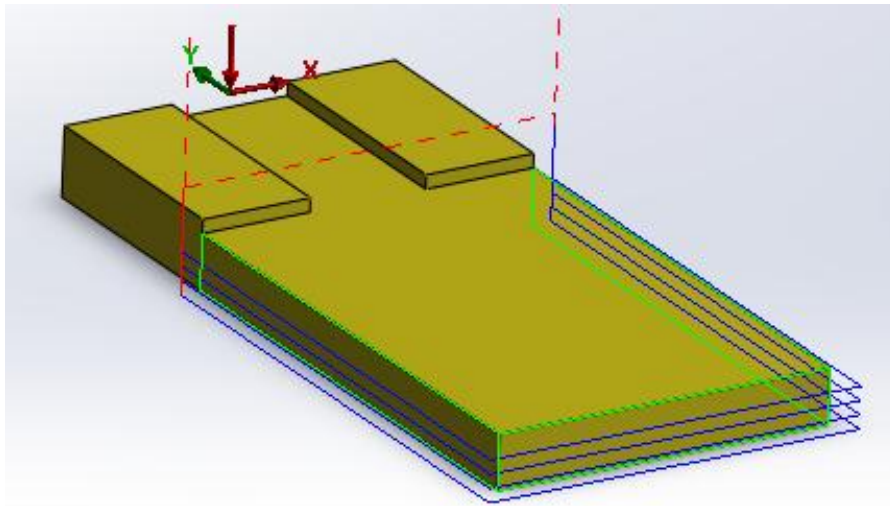


Figura 3.119: Operación de contorno abierto 2.

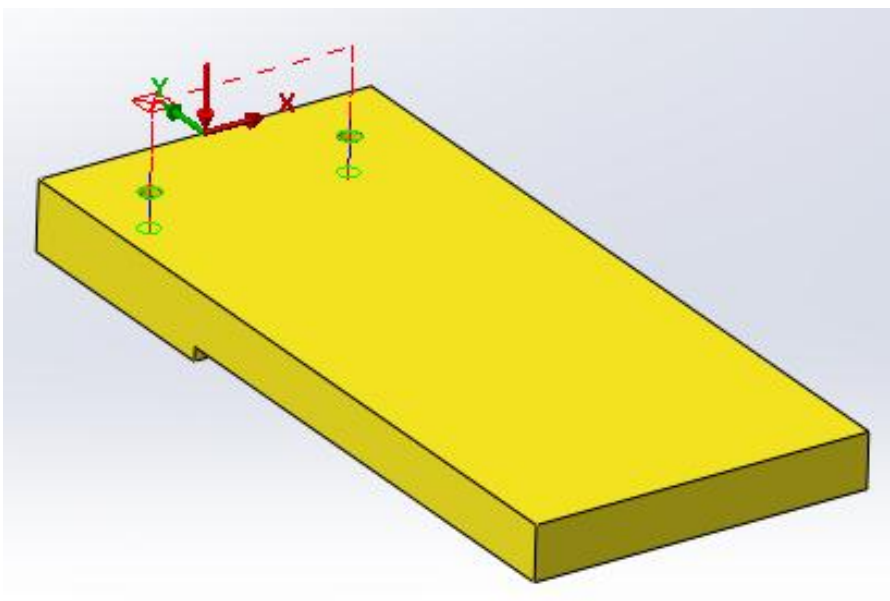


Figura 3.120: Operación de broca de los agujeros.

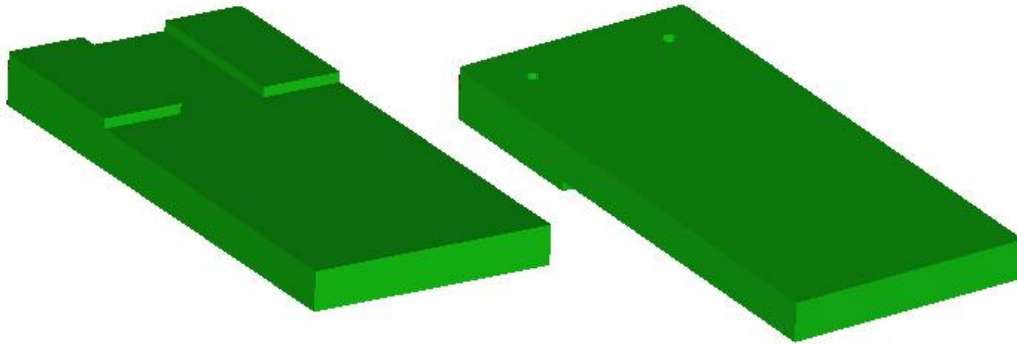


Figura 3.121: Simulación del mecanizado de la pieza.

3.4.3. Vientos laterales

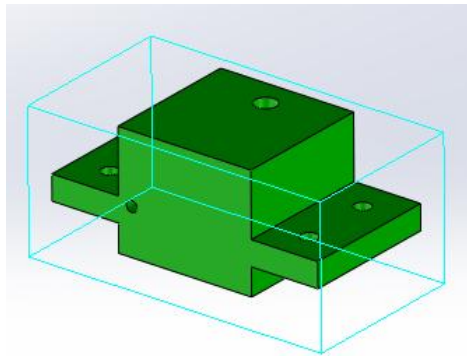


Figura 3.122: Tocho de material para el viento lateral.

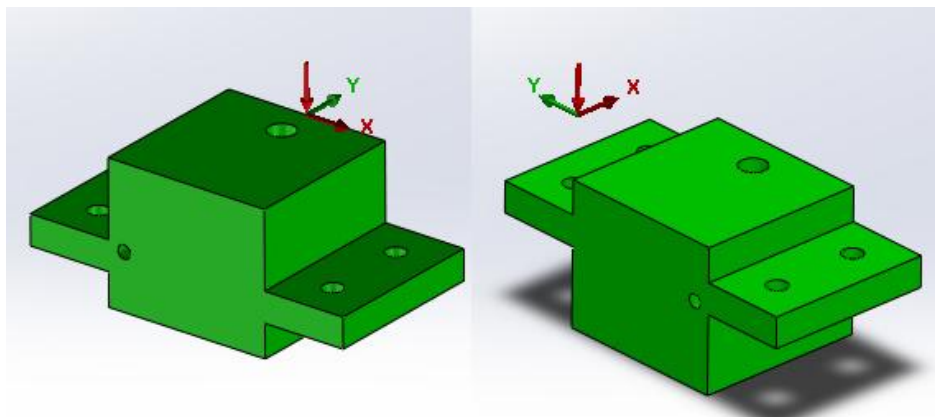


Figura 3.123: Sistemas de coordenadas del viento lateral.

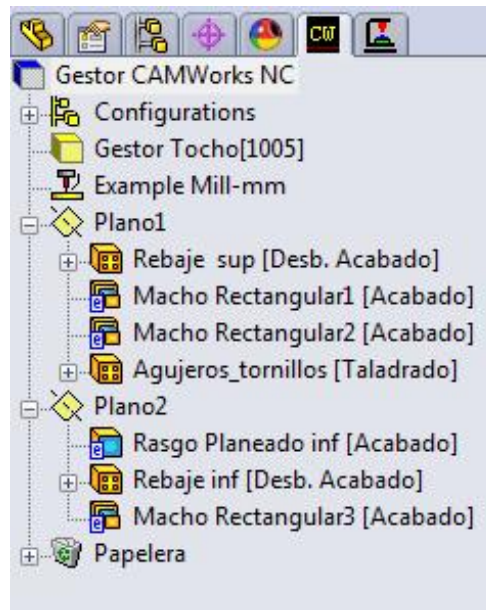


Figura 3.124: Lista de rasgos definidos para el viento lateral.

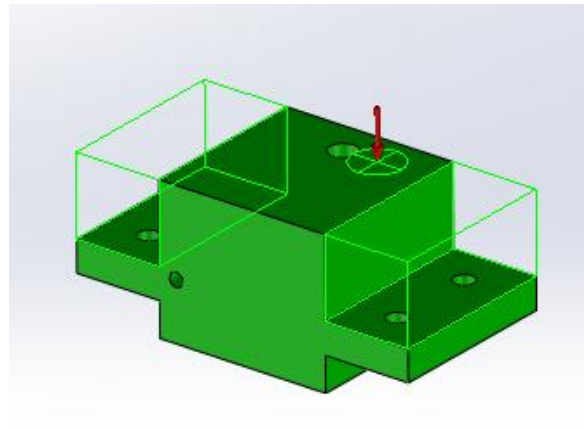


Figura 3.125: Rasgo de rebaje superior.

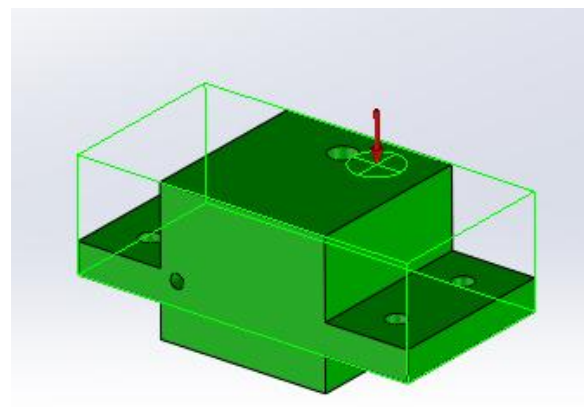


Figura 3.126: Rasgo de macho rectangular 1.

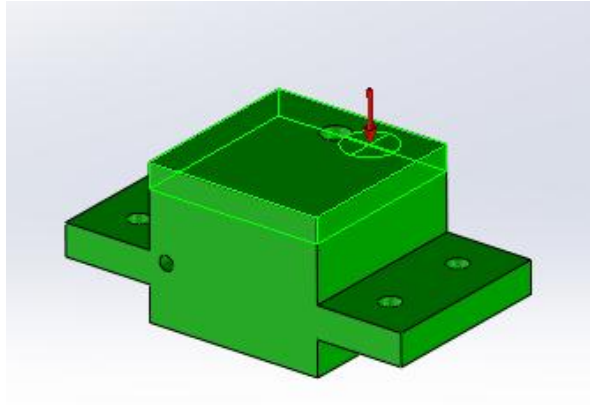


Figura 3.127: Rasgo de macho rectangular 2.

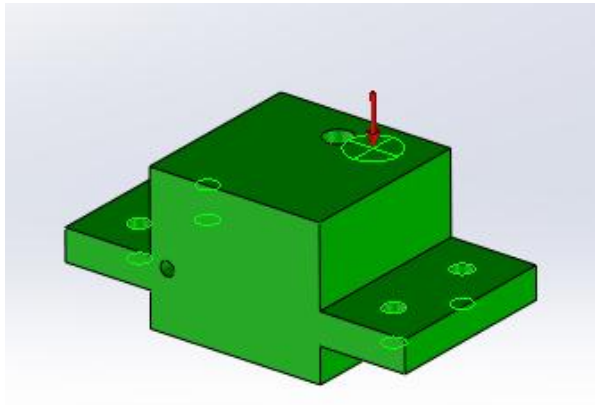


Figura 3.128: Rasgo agujeros para tornillos.

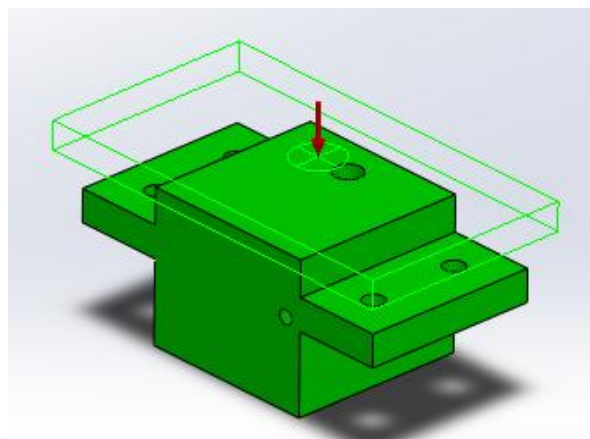


Figura 3.129: Rasgo de planeado inferior.

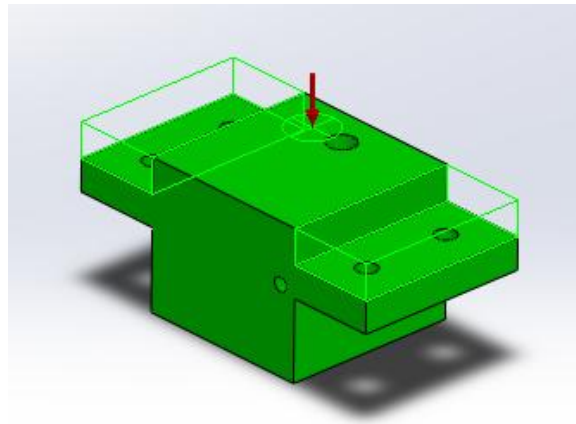


Figura 3.130: Rasgo de rebaje inferior.

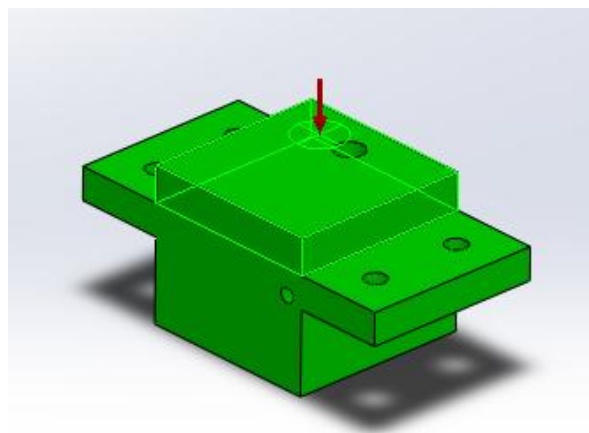


Figura 3.131: Rasgo de macho rectangular 3.

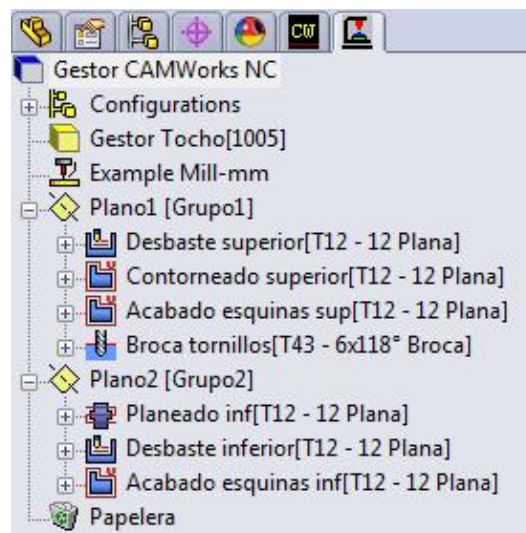


Figura 3.132: Lista de operaciones de mecanizado para el viento lateral.

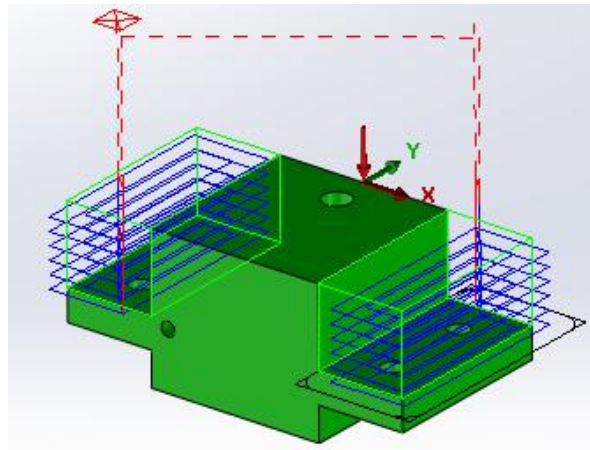


Figura 3.133: Operación de desbaste superior.

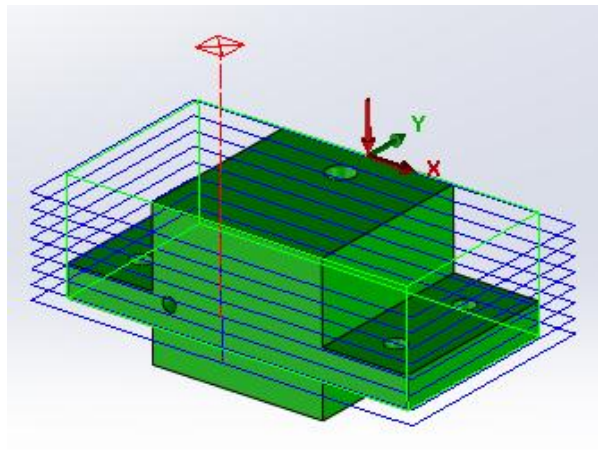


Figura 3.134: Operación de contorneado superior.

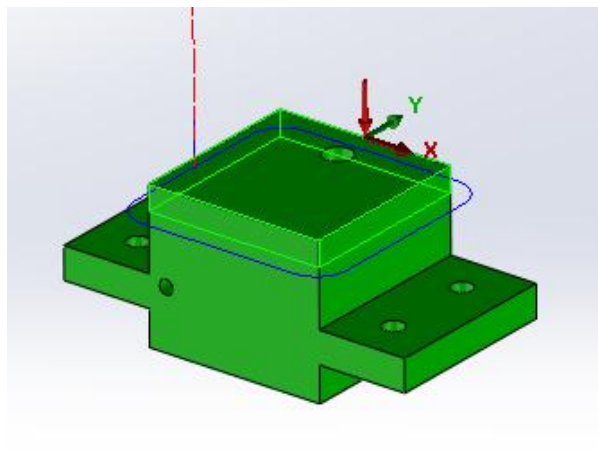


Figura 3.135: Operación de acabado de esquinas superior.

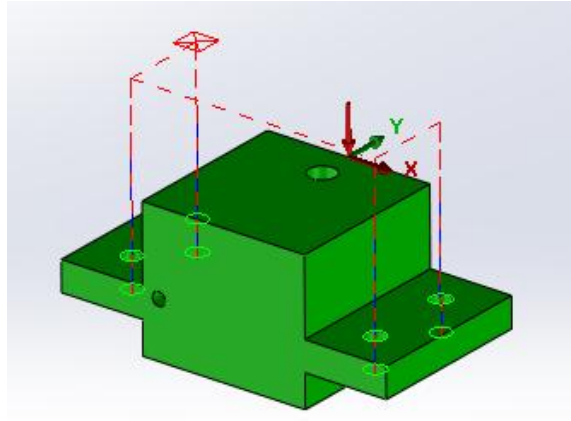


Figura 3.136: Operación de broca de agujeros para tornillos.

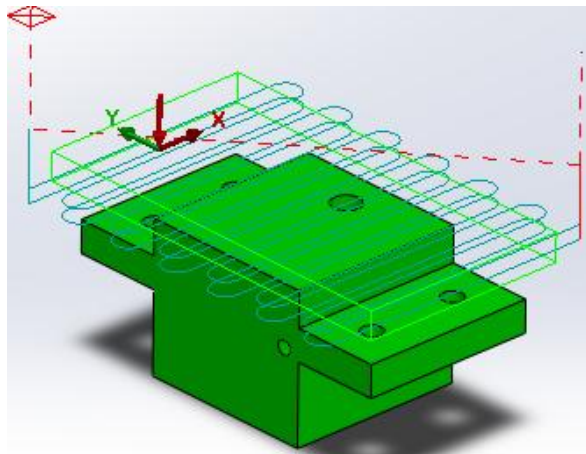


Figura 3.137: Operación de planeado inferior.

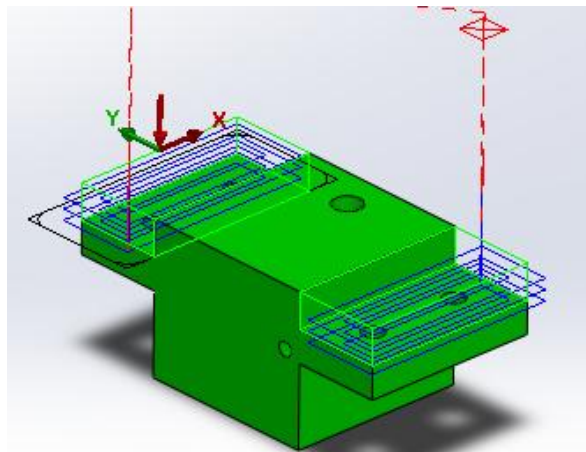


Figura 3.138: Operación de desbaste inferior.

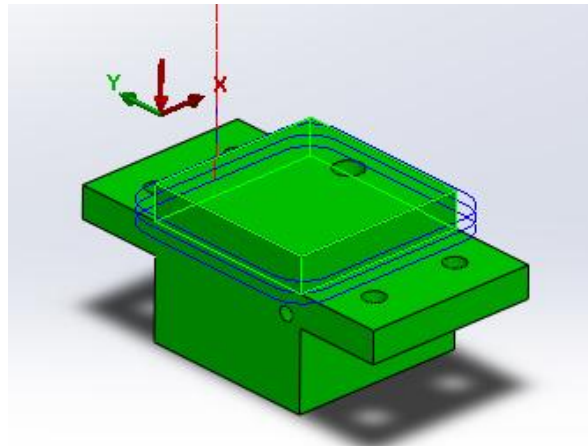


Figura 3.139: Operación de acabado de esquinas inferior.

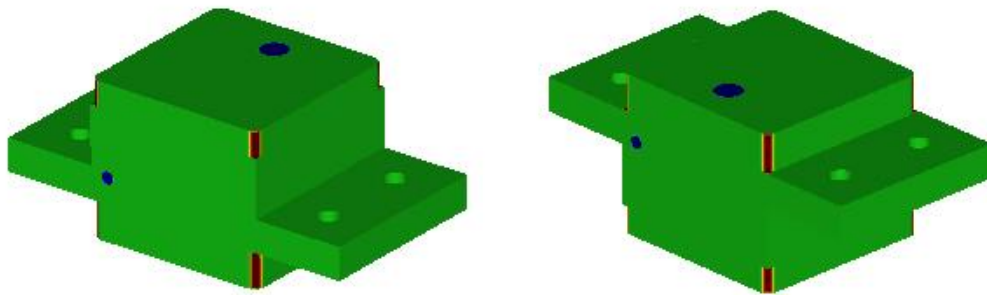


Figura 3.140: Simulación del mecanizado de la pieza.

3.4.4. Viento superior

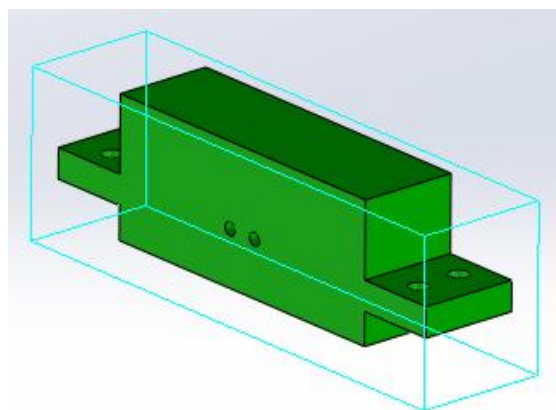


Figura 3.141: Tocho de material para el viento superior.

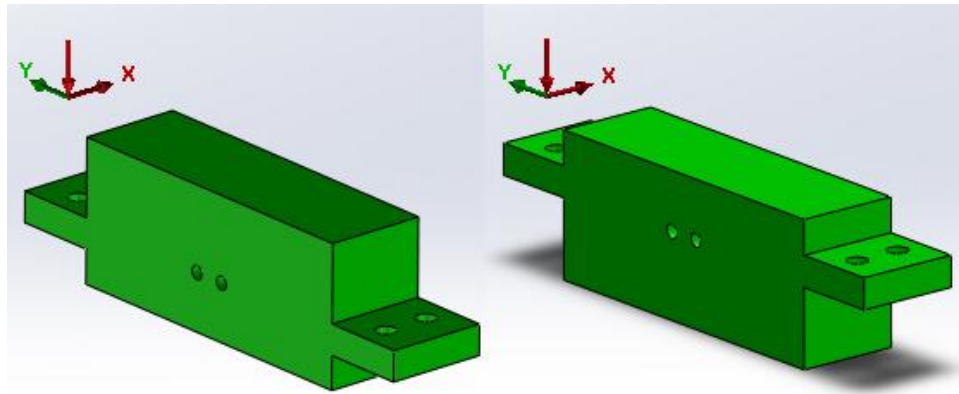


Figura 3.142: Sistemas de coordenadas del viento superior.

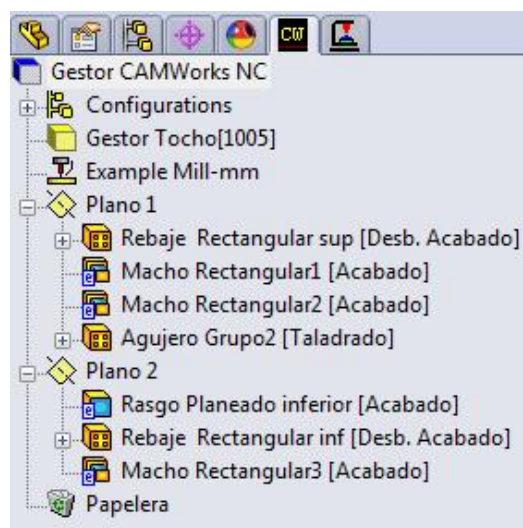


Figura 3.143: Lista de rasgos definidos para el viento superior.

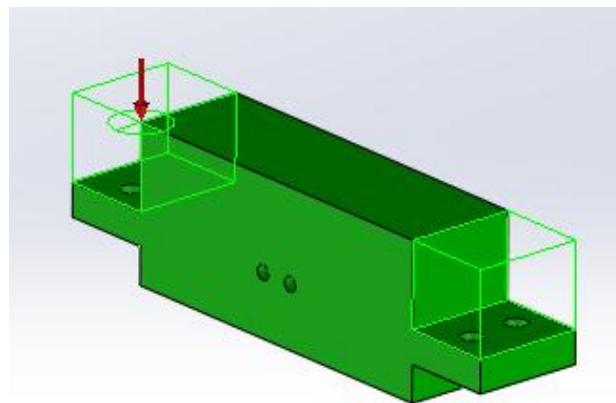


Figura 3.144: Rasgo de rebaje superior.

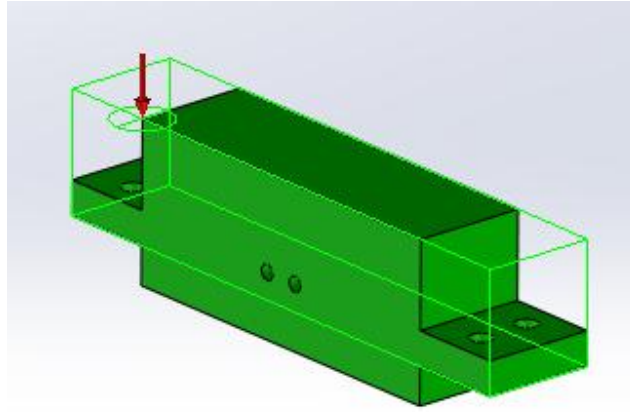


Figura 3.145: Rasgo de macho rectangular 1.

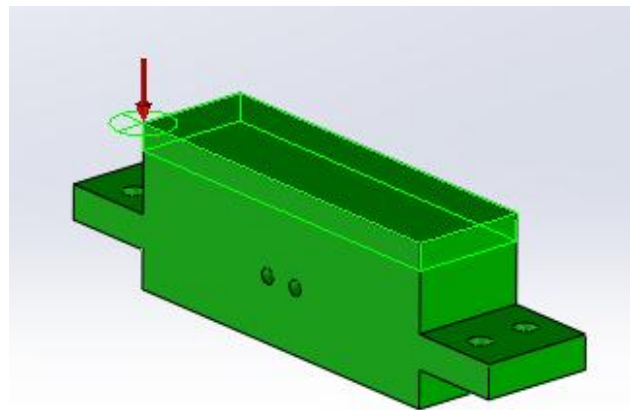


Figura 3.146: Rasgo de macho rectangular 2.

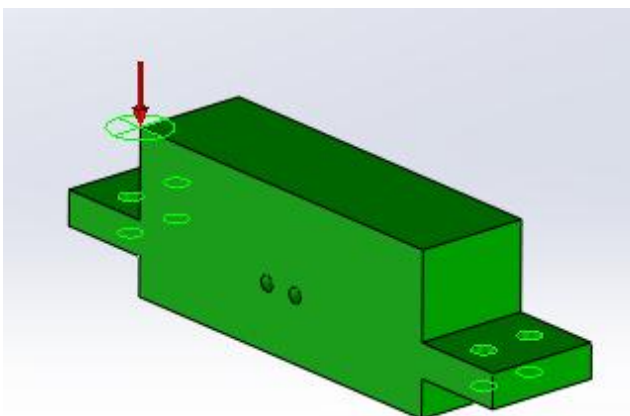


Figura 3.147: Rasgo de agujeros para tornillos.

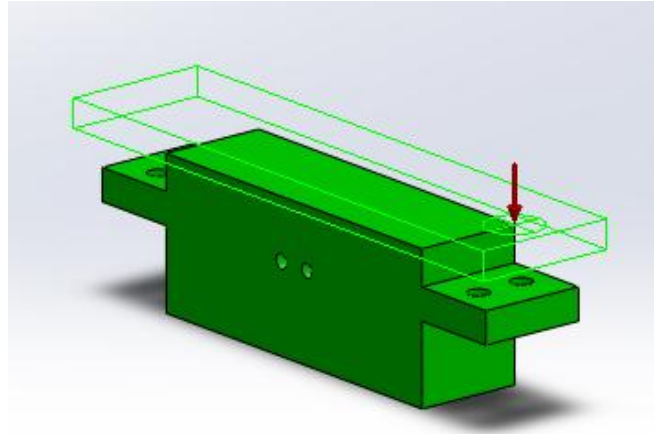


Figura 3.148: Rasgo de planeado inferior.

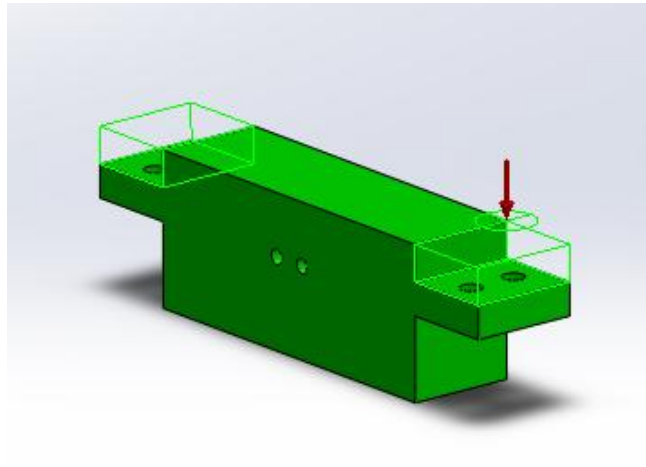


Figura 3.149: Rasgo de rebaje inferior.

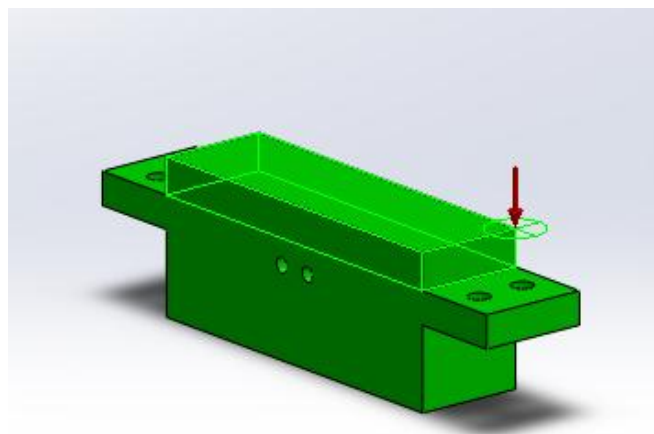


Figura 3.150: Rasgo de macho rectangular 3.

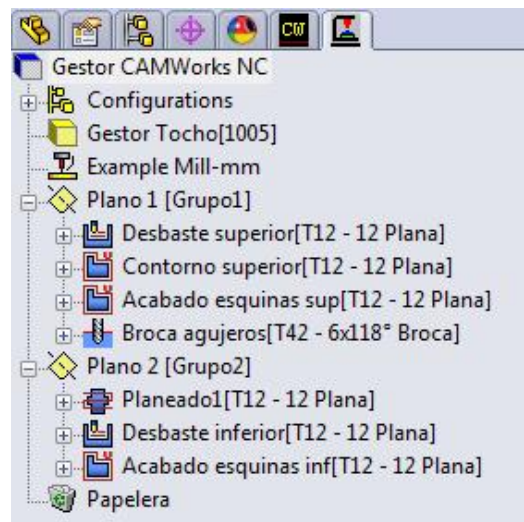


Figura 3.151: Lista de operaciones de mecanizado para el viento superior.

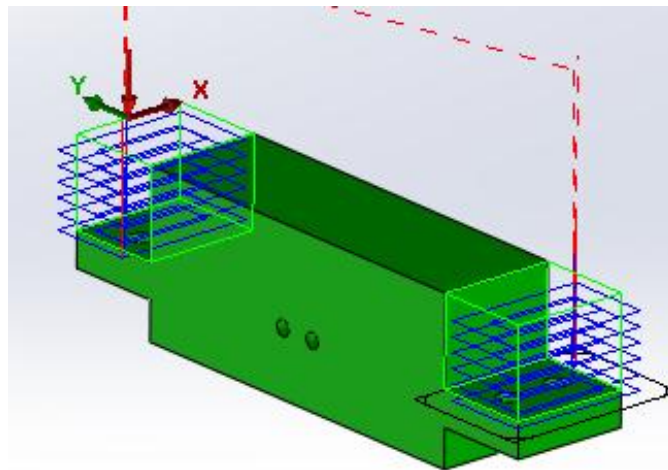


Figura 3.152: Operación de desbaste superior.

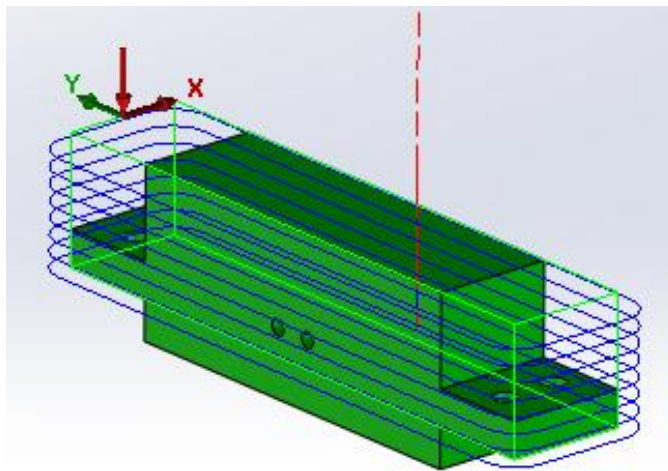


Figura 3.153: Operación de contorneado superior.

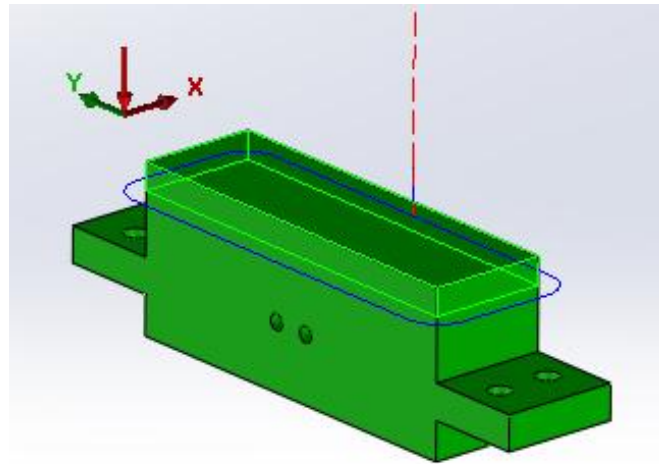


Figura 3.154: Operación de acabado de esquinas superior.

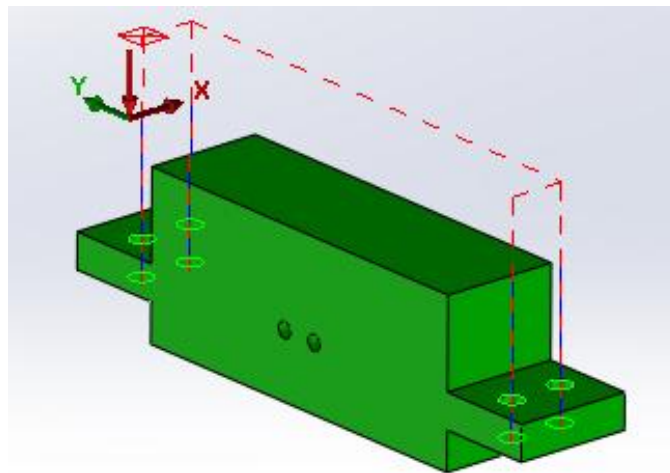


Figura 3.155: Operación de broca de agujeros para tornillos.

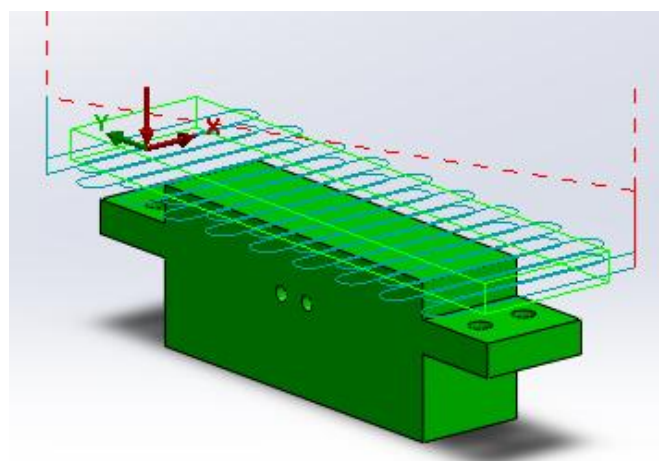


Figura 3.156: Operación de planeado inferior.

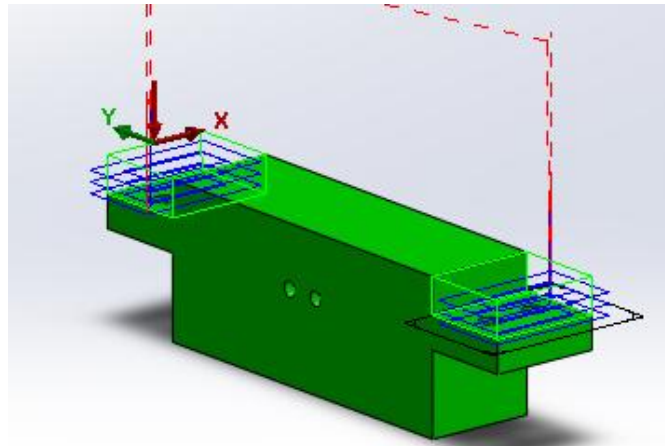


Figura 3.157: Operación de desbaste inferior.

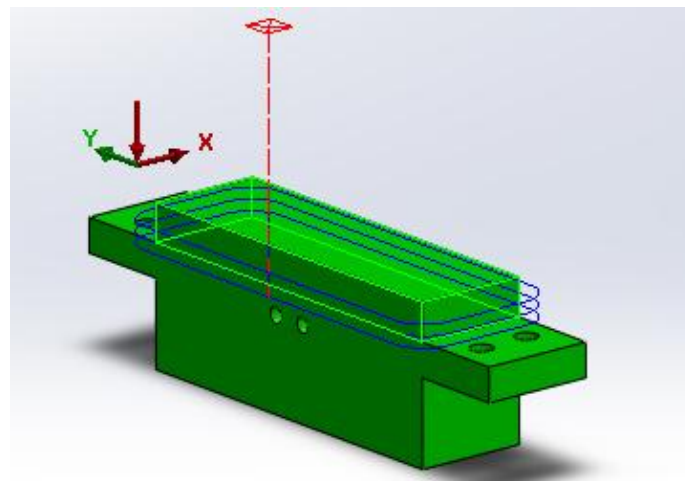


Figura 3.158: Operación de acabado de esquinas inferior.

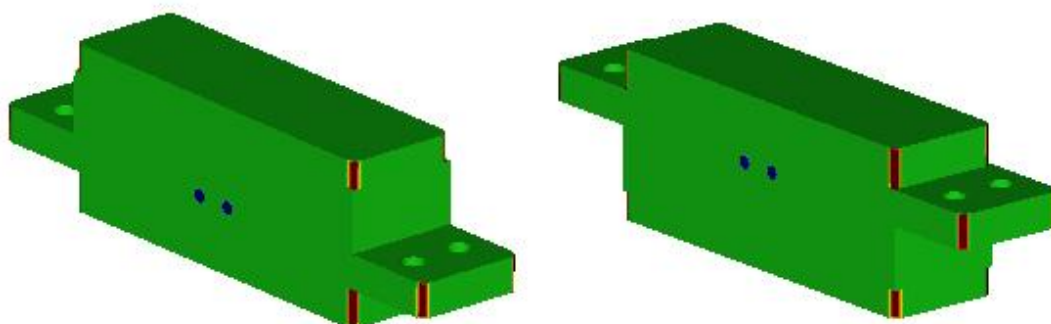


Figura 3.159: Simulación del mecanizado de la pieza.

3.4.5. Postizo de llenado (cilindro)

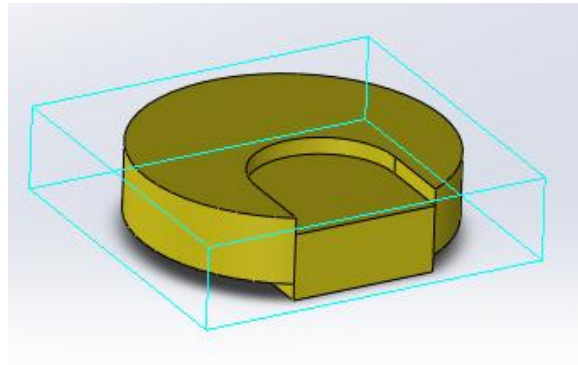


Figura 3.160: Tocho de material para el postizo cilindro.

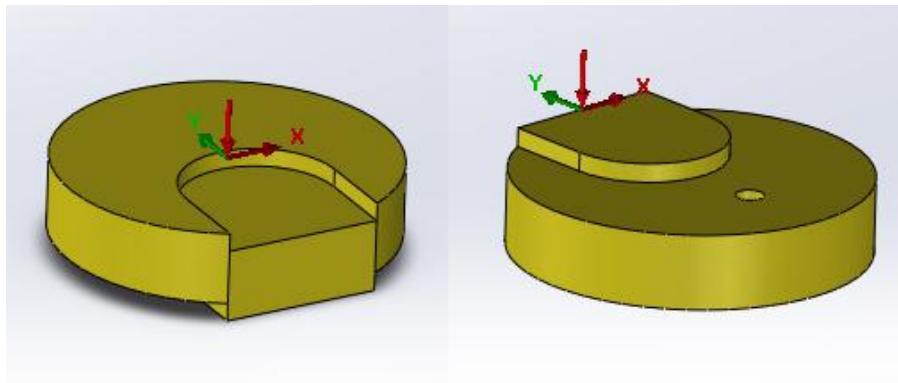


Figura 3.161: Sistemas de coordenadas del postizo cilindro.

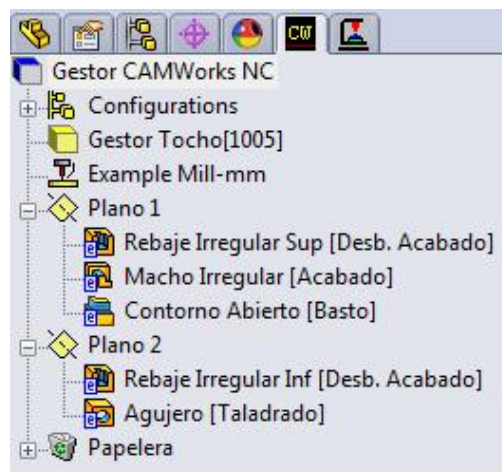


Figura 3.162: Lista de rasgos definidos para el postizo cilindro.

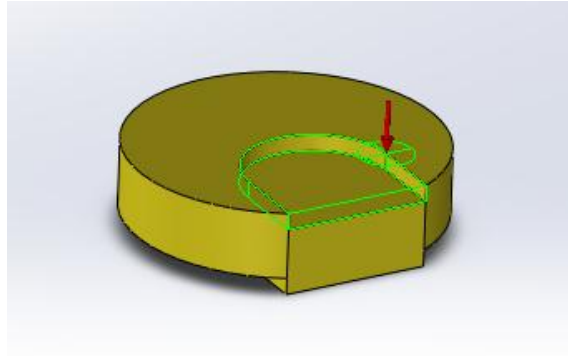


Figura 3.163: Rasgo de rebaje superior.

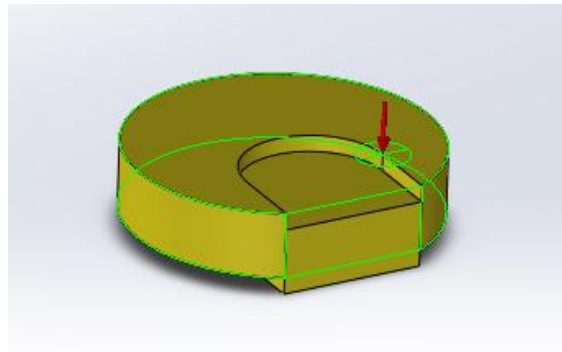


Figura 3.164: Rasgo de macho irregular,

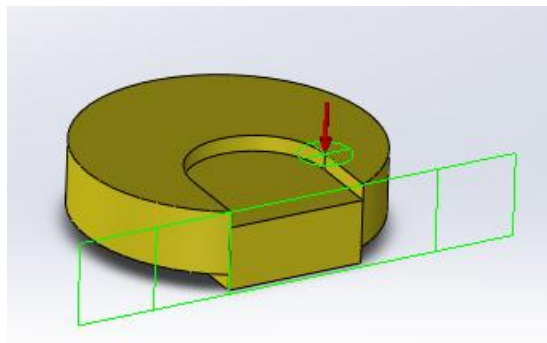


Figura 3.165: Rasgo de contorno abierto.

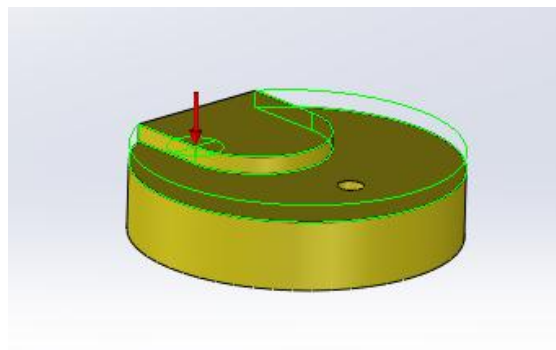


Figura 3.166: Rasgo de rebaje inferior.

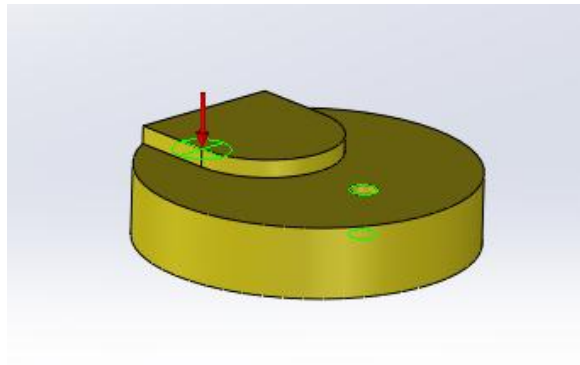


Figura 3.167: Rasgo de agujero.

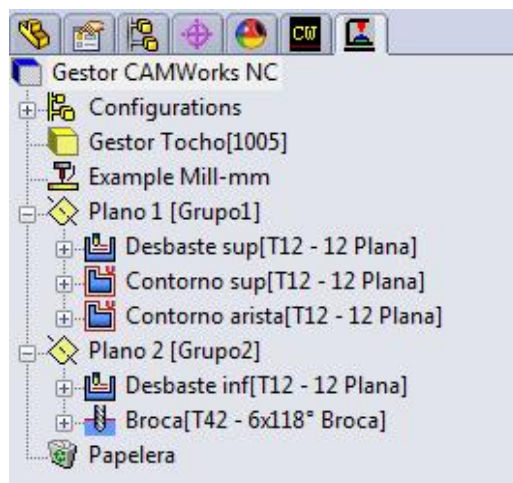


Figura 3.168: Lista de operaciones de mecanizado para el postizo cilindro.

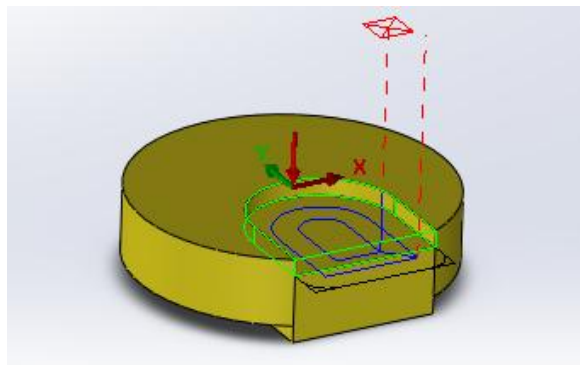


Figura 3.169: Operación de desbaste superior.

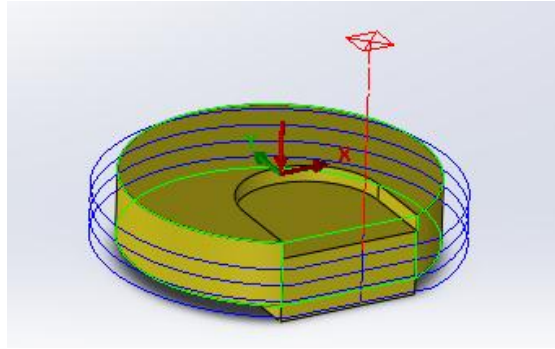


Figura 3.170: Operación de contorno superior.

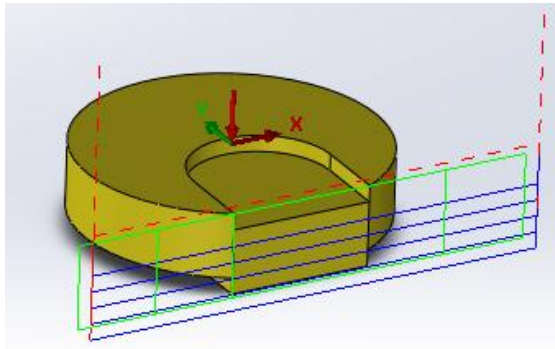


Figura 3.171: Operación de contorno abierto de arista.

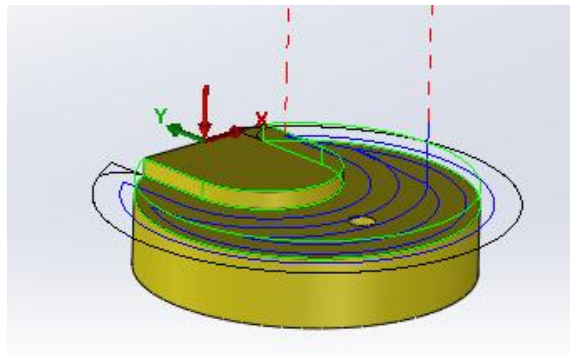


Figura 3.172: Operación de desbaste inferior.

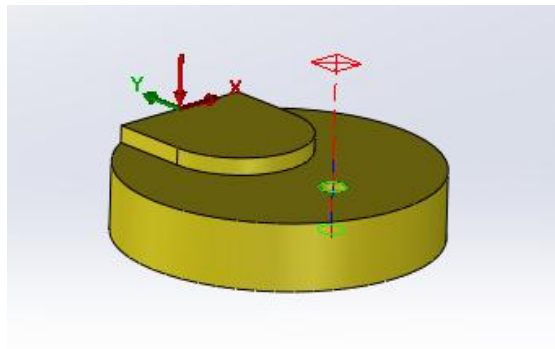


Figura 3.173: Operación de broca para agujero.

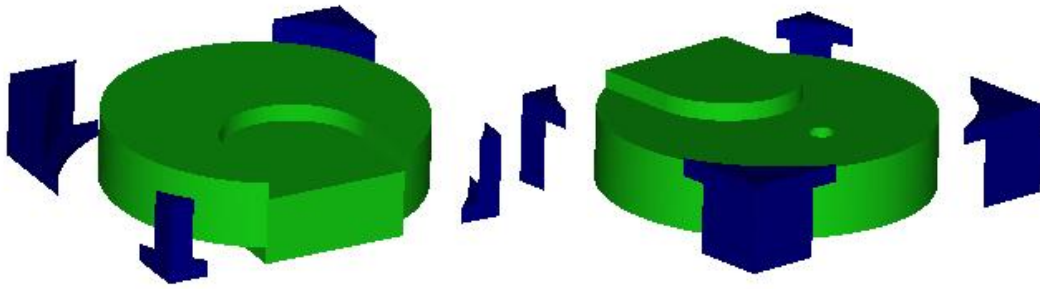


Figura 3.174: Simulación del mecanizado de la pieza.

CAPÍTULO 4

Proceso de fabricación por mecanizado en fresadora CNC

Las fresadoras con control numérico computerizado (CNC), permiten la automatización programable de la producción. Se diseñaron para adaptar las variaciones en la configuración de productos. Su principal aplicación se centra en volúmenes de producción medios de piezas sencillas y en volúmenes de producción medios y bajos de piezas complejas, permitiendo realizar mecanizados de precisión con la facilidad que representa cambiar de un modelo de pieza a otra mediante la inserción del programa correspondiente y de las nuevas herramientas que se tengan que utilizar así como el sistema de sujeción de las piezas. El equipo de control numérico se controla mediante un programa que utiliza números, letras y otros símbolos, por ejemplo, los llamados códigos *G* (movimientos y ciclos fijos) y *M* (funciones auxiliares). Estos números, letras y símbolos, están codificados en un formato apropiado para definir un programa de instrucciones para desarrollar una tarea concreta. Cuando la tarea en cuestión varía, se cambia el programa de instrucciones. En las grandes producciones en serie, el control numérico resulta útil para la robotización de la alimentación y retirada de las piezas mecanizadas.

4.1. Máquina fresadora

La fabricación de las piezas que componen el molde se lleva a cabo en el taller de la UPCT situado en el campus Alfonso XIII. En el taller se encuentra la máquina fresadora que se empleará para el mecanizado de las piezas. Esta fresadora es del fabricante SORALUCE y su modelo es SL-4000.

Se trata de un centro de fresado destinado para la industria y la fabricación en serie de gran cantidad de elementos, de ahí su gran tamaño. Realmente no es la fresadora ideal para la realización del proyecto debido a que con un centro de fresado más pequeño y manejable habría sido suficiente, ya que la fabricación a realizar no es de gran dificultad. Además, debido a la antigüedad de la máquina, las comunicaciones entre PC y fresadora consumen una gran cantidad de tiempo debido a que el envío de datos debe realizarse por cable de datos y con software de ms-dos, el cual está instalado en un portátil específico para este cometido.

Otro de los inconvenientes que nos encontramos es que la máquina no cuenta con la opción de programación infinita y, debido a su poca capacidad de almacenamiento, debemos estar borrando y enviando programas cada constantemente a pesar de la poca memoria que éstos ocupan.



Figura 4.1: Máquina fresadora Soraluce SL-4000.

Cabe destacar, como ya se hizo en el capítulo anterior, que esta máquina está pensada para trabajar con el cabezal en posición horizontal y por ello, al trabajar en vertical, los ejes Y y Z están intercambiados según estamos acostumbrados a verlos en fresado. De ahí la necesidad del “post postprocesado” que debemos realizar mediante el programa de Basic para el cambio de los ejes en el código de los programas obtenidos con CamWorks.

Los datos técnicos de la máquina herramienta, son los siguientes:

CABEZAL

- Curso vertical (eje y).....1000 mm.
- Curso del Ram (eje z).....900 mm.

MESA

- Curso longitudinal (eje x).....2500 mm.
- Longitud de la mesa.....4000 mm.
- Anchura de la mesa.....800 mm.
- Altura a la mesa (desde el suelo).....870 mm.
- Altura mínima del centro del husillo a la parte superior de la mesa.....50 mm.
- Número de ranuras en T.....6.
- Distancia entre ranuras en T.....130 mm.
- Anchura de las ranuras en T.....22 mm.
- Tolerancia de las ranuras en T.....H7=0+0,021 mm.
- Peso máximo admisible sobre la mesa.....3000 kg/m².

MANDRINADO

- Potencia del motor.....22 kW.
- Cono de la cabeza del mandrinado.....ISO-50.
- Diámetro del apoyo delantero.....85 mm.
- Número de velocidades.....20/213/2000 rpm.

AVANCES Y CURSOS RÁPIDOS

- Gama de avances.....2/5000 mm/min.
- Cursos rápidos:
 - o Eje X (longitudinal).....15000 mm/min.
 - o Eje Y-Z (vertical y transversal).....15000 mm/min.
- Potencia motor avances:
 - o Eje X (longitudinal).....37 Nm.
 - o Eje Y (vertical).....18 Nm.
 - o Eje Z (transversal).....18 Nm.

CORTADURA

- Máx. empuje del eje a la herramienta de corte.....11000 N.

4.2. Material para mecanizar

Tal y como se ha comentado en capítulos anteriores, el material en el que se fabricará el molde es el metacrilato, cuyas propiedades han quedado definidas en el *Capítulo 3*. Debido a los distintos espesores de las piezas a fabricar, contamos con un bloque de 50 mm de espesor para las piezas más gruesas (parte móvil y vientos) y con una plancha de 20 mm de espesor para el resto de las piezas, de las cuales ninguna supera los 20 mm de espesor (parte fija, postizo pieza y postizo de llenado).

La única preparación previa que requiere el material es cortarlo con aquéllas dimensiones que nos sean más cómodas para su amarre a la mesa. El metacrilato del que disponemos, ya viene planeado por ambas caras y con su correspondiente plástico protector, por tanto no es necesario realizar el planeado de las caras a mecanizar a no ser que necesitemos arrancar material porque no sobre espesor.

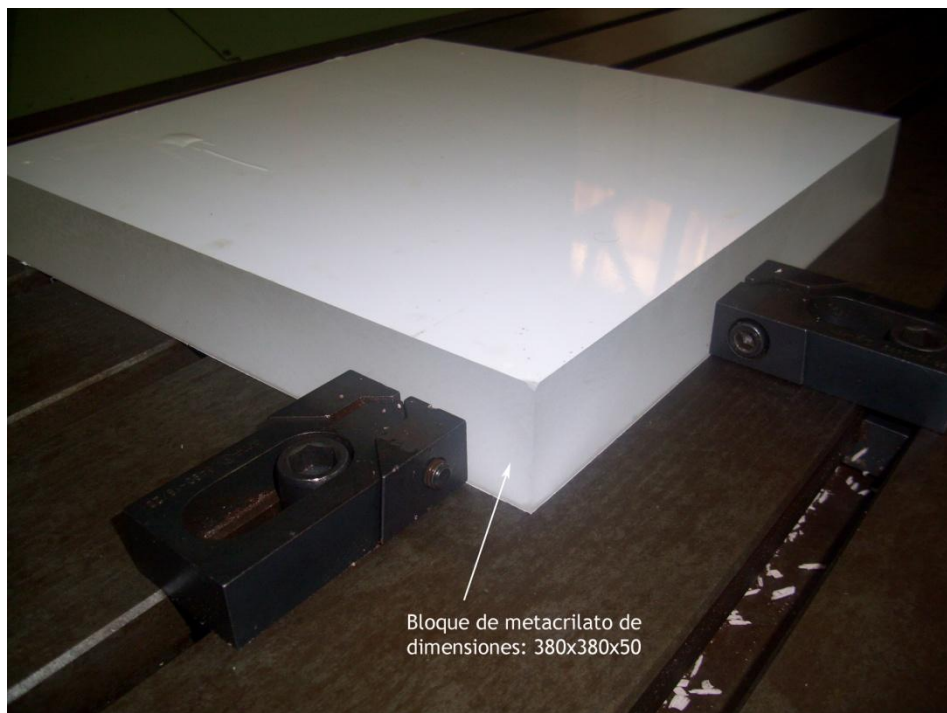


Figura 4.2: Bloque de metacrilato de 50 mm.

Antes de empezar a fabricar en metacrilato, realizamos una prueba en un bloque de resina de mecanizado de 50 mm de espesor, la cual es mucho menos densa que el metacrilato y puede mecanizarse muy fácilmente. Esta prueba se realiza, en primer lugar, para comprobar que los parámetros de mecanizado que hemos definido son los correctos y, en segundo lugar, para comprobar que la geometría obtenida en la fabricación de la parte móvil del molde es la idónea, ya que la cantidad de metacrilato de 50 mm la tenemos muy limitada y no deja margen de error para esta pieza.



Figura 4.3: Bloque de resina de mecanizado de 50 mm para prueba inicial.

Por tanto, como materiales para el mecanizado con la fresadora hemos empleado:

- Resina de mecanizado:
 - Bloque de 50 mm de espesor.
 - Planchas de 25 mm de espesor.
- Metacrilato:
 - Bloque de 380x380x50 mm.
 - Planchas de 20 mm de espesor.

4.3. Herramientas de mecanizado

- **Fresa plana de 4 labios, de $\varnothing 12$ mm**

Esta fresa se ha empleado para las operaciones de planeado, desbaste y contorneado exterior de las piezas. El único inconveniente que presenta esta fresa es que debido a su gran diámetro, al desbastar las cavidades internas de las piezas, las esquinas quedaban redondeadas con un radio de 6 mm, lo cual es excesivo.

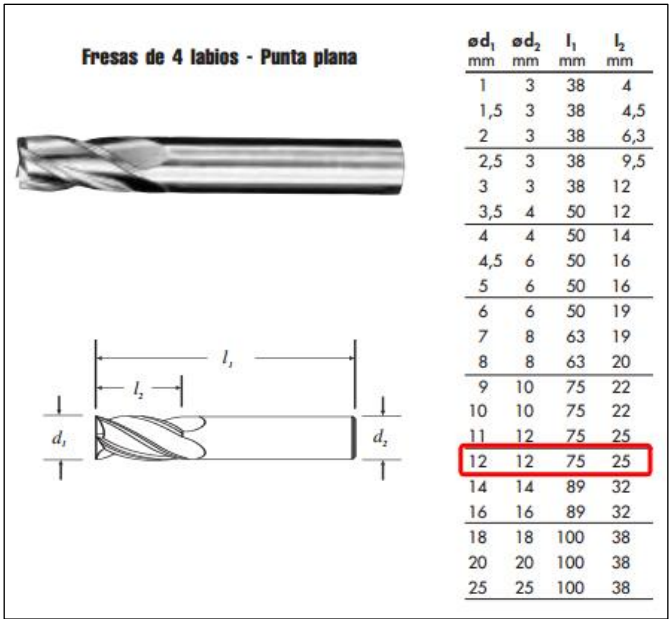


Figura 4.4: Fresa plana de cuatro labios y Ø 12 mm.

- **Fresa plana de 2 labios, de Ø6 mm**

La función de esta fresa es la de disminuir los radios de redondeo de las esquinas que dejaba la fresa de 12. De esta manera, los radios pasan a ser de 3 mm, la mitad que los anteriores. Ya que debíamos repasar las esquinas de las cavidades con esta fresa, se han programado operaciones de acabado de los contorno de las operaciones de desbaste. Así aprovechamos y, además de reducir los radios de redondeo, dejamos las superficies mejor acabadas con esta fresa más fina.

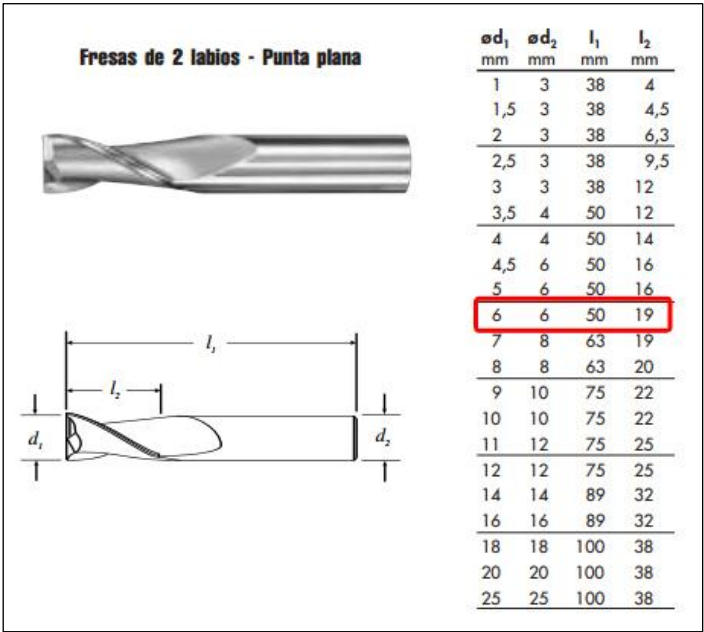


Figura 4.5: Fresa plana de dos labios y Ø 6 mm.

- **Brocas**

Además de las fresas anteriores, se emplearán brocas de 6 y 8 mm de diámetro para la realización de los taladros necesarios, una vez esté todo el molde acabado y correctamente ensamblado. Estas operaciones se llevarán a cabo en la fresadora convencional marcando los centros de los agujeros a realizar una vez esté todo ensamblado correctamente.

4.4. Amarres

El cometido de los amarres en el proceso de fabricación es el de mantener el tocho o la pieza a mecanizar totalmente pegado a la mesa y sin posibilidad de movimiento alguno. Esto es totalmente necesario ya que la elevada fuerza que ejerce la herramienta sobre el material, puede ocasionar que éste salga disparado a gran velocidad y causando graves percances si no está bien amarrado. A la hora de colocar los amarres hay que llevar especialmente cuidado con los recorridos que realiza la herramienta en el mecanizado. Antes de comenzar la fabricación, se ha de tener muy claro por dónde van a pasar la herramienta y el cabezal de fresado y asegurarse de que los amarres no están en estos caminos, ya que las consecuencias podrían ser muy negativas y peligrosas. Por ello, al colocar los amarres, hay que saber combinar correctamente la inmovilización de la pieza con la seguridad de que no influyen en el mecanizado de la misma.

Debido a la diversidad de tamaños y geometrías de las piezas a fabricar, se han empleado tres tipos de amarres según cada caso:

- **Bridas (clamp) mediante tornillos y tuercas:**

Se trata de los amarres más “básicos” aunque no por ello menos efectivos. Para utilizarlos es necesario contar con tuercas en T para introducirlas en las ranuras, tornillos, la brida propiamente dicha y un soporte, preferiblemente escalonado y, por tanto, ajustable en altura.



Figura 4.6: Piezas para el amarre con bridas.

El inconveniente que presentan estos amarres para nuestro caso, es que hay que llevar mucho cuidado de no colocarlos en los caminos de herramienta. Por tanto, lo ideal es utilizarlos cuando el material base que colocamos en la mesa tiene unas dimensiones bastante mayores que las de la pieza que se mecaniza en dicho material. Por el contrario, en aquellas ocasiones en que no hay más remedio que colocarlos sobre parte de la pieza, es necesario dividir las operaciones de mecanizado, por ejemplo, mecanizar media pieza y, tras ello, cambiar los amarres y mecanizar la otra mitad.

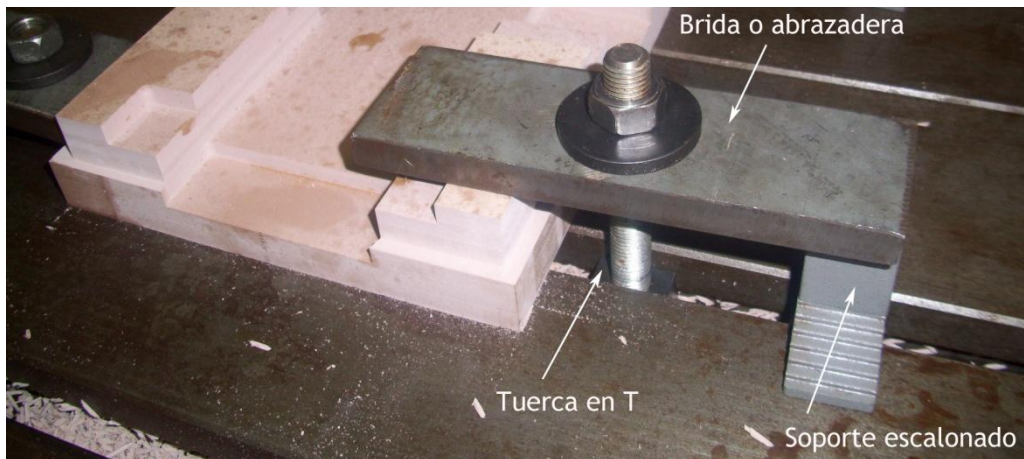


Figura 4.7: Ejemplo de amarre con bridas.

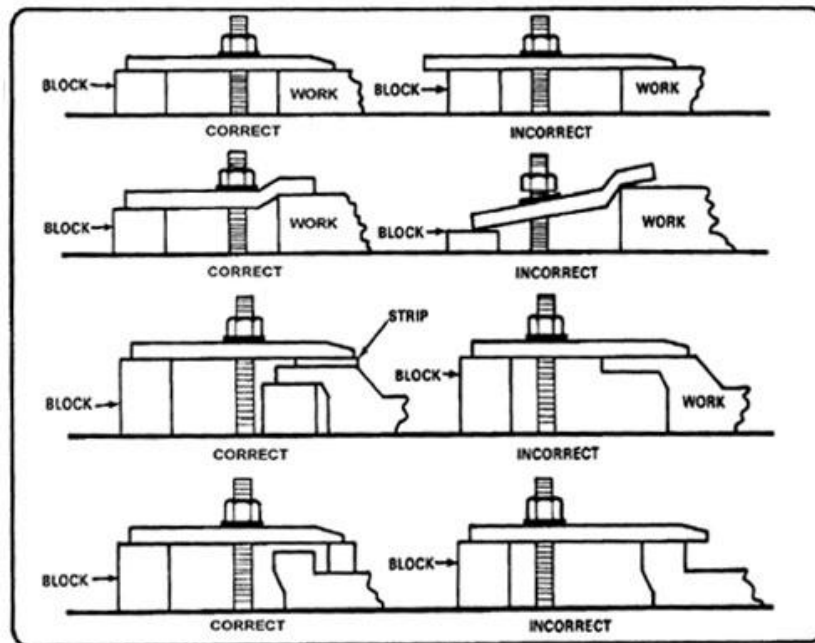


Figura 4.8: Consideraciones para el amarre mediante bridas.

- Amarres a presión:

Este tipo de amarres, eliminan el inconveniente que presentan las bridas, y es que al colocarse en los laterales del tocho, no influyen en el mecanizado del plano superior de la pieza. Sin embargo, este tipo de amarres son peligrosos y difíciles de colocar ya que al ejercer la presión sobre las caras laterales del material, pueden

deformarlo y/o levantarlo de la mesa. Por ello hay que tener mucho cuidado y ser muy preciso en su utilización. Se recomienda, cuando sea posible, combinar estos amarres con la colocación de alguna brida en alguna zona donde no influya al mecanizado y, así, garantizar que el material está totalmente posado en la mesa de trabajo.

Suelen utilizarse en aquellos casos en los que el material base no tiene casi exceso de material respecto a la pieza que se va a mecanizar en él y, por tanto, el uso de las bridas dificulta mucho el proceso de fabricación. Al igual que las bridas, también necesitan de la colocación previa de tuercas en T en las ranuras de la mesa.

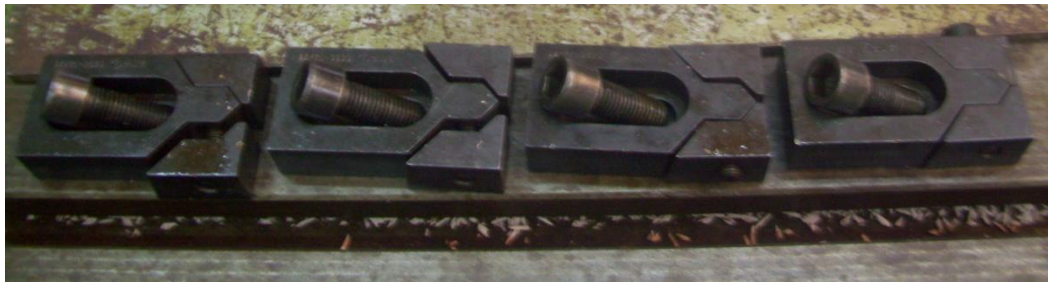


Figura 4.9: Piezas de los amarres por presión.



Figura 4.10: Ejemplo de uso de amarres por presión.

- **Mordaza mecánica manual de alta presión:**

Está especialmente indicada para todo tipo de piezas prismáticas, permite un buen apoyo, bien sobre sus propias guías, como sobre paralelas pensadas al efecto. Tienen una buena referencia en sus caras rectificadas y se pueden alinear fácilmente con la mesa de trabajo.

La elevada fuerza de amarre conseguida por el simple de uso de una manilla, las hace cómodas para su utilización y seguras para evitar vibraciones producidas por las altas exigencias del mecanizado.

Son recomendables, sobre todo, para pequeñas piezas que no pueden ser amarradas mediante bridas debido a sus pequeñas dimensiones.

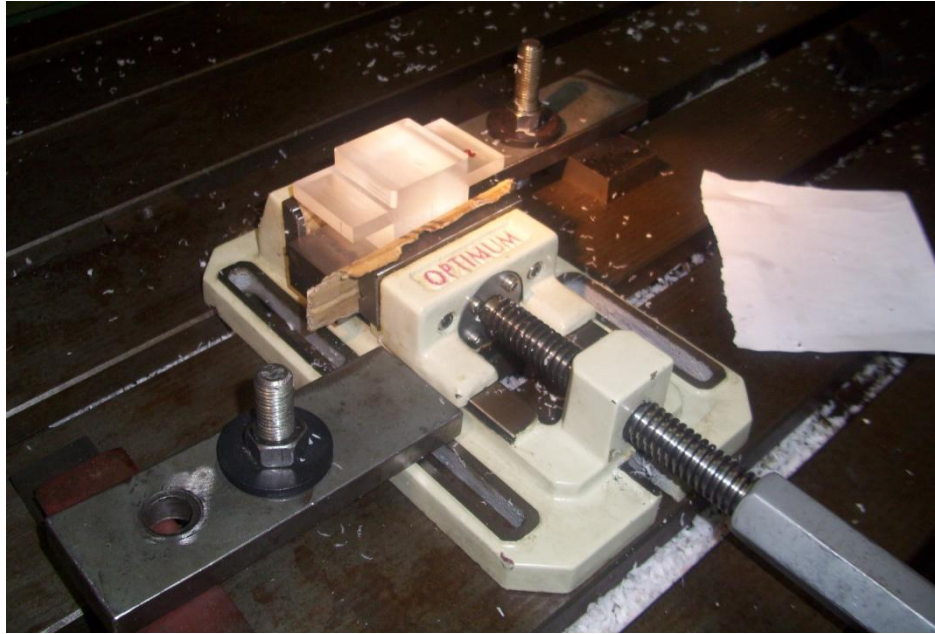


Figura 4.11: Ejemplo de amarre mediante mordaza mecánica manual.

4.5. Hojas de configuración/procesos

Antes de comenzar el proceso de fabricación, es recomendable la redacción de hojas de configuración/procesos. En ellas quedan recogidas las variables del proceso de fabricación para cada una de las piezas. Es muy útil para el usuario del taller, analizar estas hojas para tener claro todo lo que se va a realizar durante el proceso. Suponen, al fin y al cabo, la estrategia del proceso de fabricación. Estas hojas recogen, entre otras cosas:

- Tocho del material.
- Planos de trabajo.
- Amarres del material.
- Lista de operaciones.
- N° de programa correspondiente a cada operación.
- Velocidades de giro y avance.
- N° de pasadas y máxima pasada.
- Herramientas correspondientes a cada operación (cambios de herramienta).
- Imagen o esquema de las operaciones a realizar.
- Tiempos de mecanizado.
- Etc.

De esta manera, el usuario de la fresadora puede situarse y asimilar todo lo que se realizará durante el proceso de fabricación. Cualquier modificación del proceso planificado, puede apuntarse en la hoja de configuración para el posterior análisis de las causas de la modificación y así poder evitarse en un futuro.

CamWorks ofrece la opción de generar automáticamente unas hojas de configuración de las operaciones definidas. Aún así, se ha considerado que creando las hojas por nosotros mismos, el resultado es mucho más visible. En cualquier caso, en los anexos del proyecto se adjuntan tanto las hojas de configuración generadas por CamWorks como las creadas por nosotros.

A continuación se incluyen las tablas incluidas en las hojas de configuración de todas las piezas fabricadas. En las hojas de configuración, además, se incluyen imágenes de los caminos de herramienta seguidos en cada operación.

- Parte móvil del molde:

Vol. bruto: 345x200x40 mm

X+15, X-15 // Y+15, Y-15 // Z-10

Tocho: 375x230x50 mm

Secuencia	Programa CNC	Amarre	Plano de trabajo	Operación	Herramienta	Vel. giro	Avance XY	Profundidad	1ª Pasada	Máx. Pasada
#	#	Tipo / cambio				rpm	mm/min	mm	mm	mm
1	0101	Presión + Bridas	Plano 1 (sup.)	Planeado superior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	0	4	4
2	0102			Desbaste superior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	9	4	4
3	0103			Desbaste medio	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	12	4	4
4	0104			Desbaste inferior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	4	4	4
5	0105			Desbaste vientos lat.	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	7	4	4
6	0106			Desbaste viento sup.	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	7	4	4
7	0107			Acabado cont. sup.	Plana Ø6	1850 (75%)	200 (10%)	9	9	9
8	0108			Acabado cont. medio	Plana Ø6	1850 (75%)	200 (10%)	12	12	12
9	0109			Acabado contorno inf.	Plana Ø6	1850 (75%)	200 (10%)	4	4	4
10	0110			Acabado cont. vientos lat.	Plana Ø6	1850 (75%)	200 (10%)	7	7	7
11	0111			Acabado cont. viendo sup.	Plana Ø6	1850 (75%)	200 (10%)	7	7	7
12	0112			Broca vientos	Broca Ø6			33+1,8	10	10
13	0113			Broca agujeros union	Broca Ø6			40+1,8	10	10
14	0114			Broca agujeros colada	Broca Ø6			15+1,8	10	10
15	0115			Broca agujero cilindro	Broca Ø6			19+1,8	10	10
16	0116			Broca varillas_40	Broca Ø8			40+2,4	10	10
17	0117			Broca varillas_8	Broca Ø8			8+2,4	10	10
18	0118	Bridas		Contorno abierto 1	Plana Ø12	1723 (70%)	1000 (50%)	41	4	4
19	0119	Bridas		Contorno abierto 2	Plana Ø12	1723 (70%)	1000 (50%)	41	4	4
20	0120	Presión + 1 Brida	Plano 2 (inf.)	Planeado inferior 1	Plana Ø12	1723 (70%)	1000 (50%)	10	5	5
21	0121	Presión + 1 Brida		Planeado inferior 2	Plana Ø12	1723 (70%)	1000 (50%)	10	5	5

Figura 4.12: Hoja de procesos de la parte móvil del molde.

- Parte fija del molde:

Vol. bruto: 345x200x20 mm

X+20, X-20 // Y+20, Y-20

Tocho: 385x240x20 mm

Secuencia	Programa CNC	Amarre	Plano de trabajo	Operación	Herramienta	Vel. giro	Avance XY	Profundidad	1ª Pasada	Máx. Pasada
#	#	Tipo / cambio				rpm	mm/min	mm	mm	mm
1	0201	Presión	Plano 1 (sup.)	Desbaste superior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	5	4	4
2	0202			Desbaste vientos lat.	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	10	4	4
3	0203			Desbaste viento sup.	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	10	4	4
4	0204			Desbaste piston	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	15	4	4
5	0205			Contorno isla	Plana Ø6	1850 (75%)	200 (10%)	5	5	5
6	0206			Acabado cont. vientos lat.	Plana Ø6	1850 (75%)	200 (10%)	10	10	10
7	0207			Acabado cont. viento sup.	Plana Ø6	1850 (75%)	200 (10%)	10	10	10
8	0208			Broca agujeros_6	Broca Ø6			15+1,8	10	10
9	0209			Broca varillas_15	Broca Ø8			15+2,4	10	10
10	0210			Broca varillas_5	Broca Ø8			5+2,4	10	10
11	0211	Bridas		Contorno abierto_1	Plana Ø12	1723 (70%)	1000 (50%)	15	4	4
12	0212	Bridas		Contorno abierto_2	Plana Ø12	1723 (70%)	1000 (50%)	15	4	4
13	0213	Bridas	Plano 2 (inf.)	Contorno piston post	Plana Ø6	1850 (75%)	200 (10%)	10	5	5

Figura 4.13: Hoja de procesos de la parte fija del molde.

**Observación:* en esta pieza se precisa la colocación del metacrilato encima de una plancha de resina de mecanizado para no tocar la mesa de trabajo en la operación de desbaste del agujero del pistón (0204), el cual es pasante.

- Postizo pieza:

Vol. bruto: 220x100x20 mm

X+20, X-20 // Y+20, Y-20

Tocho: 260x140x20 mm

Secuencia	Programa CNC	Amarre	Plano de trabajo	Operación	Herramienta	Vel. giro	Avance XY	Profundidad	1ª Pasada	Máx. Pasada
#	#	Tipo / cambio				rpm	mm/min	mm	mm	mm
1	0301	Presión	Plano 1 (sup.)	Desbaste	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	4	4	4
2	0302	Pinzas en mitad der.		Contorno abierto 1	Plana Ø12	1723 (70%)	1000 (50%)	20	4	4
3	0303	Pinzas en mitad izq.		Contorno abierto 2	Plana Ø12	1723 (70%)	1000 (50%)	16	4	4
4	0304	Presión	Plano 2 (inf.)	Broca agujeros	Broca Ø6			10+1,8	8	8

Figura 4.14: Hoja de procesos del postizo pieza del molde.

- Vientos laterales:

Vol. bruto: 100x50x42

X+15, X-15 // Y+15, Y-15 // Z-8

Tocho: 130x80x50 mm

Secuencia	Programa CNC	Amarre	Plano de trabajo	Operación	Herramienta	Vel. giro	Avance XY	Profundidad	1ª Pasada	Máx. Pasada
#	#	Tipo / cambio				rpm	mm/min	mm	mm	mm
1	0401	Presión	Plano 1 (sup.)	Desbaste superior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	23	4	4
2	0402			Contorneado superior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	32	4	4
3	0403			Acabado esquinas sup	Plana Ø12	1723 (70%)	200 (10%)	7	7	7
4	0404			Broca tornillos	Broca Ø6			9+1,8	10	10
5	0405	Mordaza	Plano 2 (inf.)	Planeado inferior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	8	4	4
6	0406			Desbaste inferior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	10	4	4
7	0407			Acabado esquinas inf	Plana Ø12	1723 (70%)	200 (10%)	10	10	10

Figura 4.15: Hoja de procesos de los vientos laterales del molde.

- Viento superior:

Vol. bruto: 150x50x42

X+15, X-15 // Y+15, Y-15 // Z-8

Tocho: 180x80x50 mm

Secuencia	Programa CNC	Amarre	Plano de trabajo	Operación	Herramienta	Vel. giro	Avance XY	Profundidad	1ª Pasada	Máx. Pasada
#	#	Tipo / cambio				rpm	mm/min	mm	mm	mm
1	0501	Presión	Plano 1 (sup.)	Desbaste superior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	23	4	4
2	0502			Contorneado superior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	32	4	4
3	0503			Acabado esquinas sup	Plana Ø12			7	7	7
4	0504			Broca tornillos	Broca Ø6			9+1,8	10	10
5	0505	Mordaza	Plano 2 (inf.)	Planeado inferior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	8	4	4
6	0506			Desbaste inferior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	10	4	4
7	0507			Acabado esquinas inf	Plana Ø12			10	10	10

Figura 4.16: Hoja de procesos del viento superior del molde.

- Postizo de llenado (cilindro):

Vol. bruto: 75x70x20

X+10, X-10 // Y+10, Y-10

Tocho: 95x90x20 mm

Secuencia	Programa CNC	Amarre	Plano de trabajo	Operación	Herramienta	Vel. giro	Avance XY	Profundidad	1ª Pasada	Máx. Pasada
#	#	Tipo / cambio				rpm	mm/min	mm	mm	mm
1	0601	Presión	Plano 1 (sup.)	Desbaste superior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	4	4	4
2	0602			Contorno superior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	16	4	4
3	0603			Contorno abierto arista	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	16	4	4
4	0604	Mordaza	Plano 2 (inf.)	Desbaste inferior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	4	4	4
5	0605			Broca	Broca Ø6			10+1,8	10	10

Figura 4.17: Hoja de procesos del postizo de llenado (cilindro) del molde.

*INCISO:

Como se puede observar en las hojas de procesos, no están definidas las velocidades para las operaciones de taladrado (brocas).

En un principio, se pensó en ir haciendo los taladros a la vez que se mecanizaba cada una de las piezas, aprovechando así los amarres. Sin embargo, una vez que se fue a comenzar el proceso de fabricación se decidió posponer estas operaciones para cuando estuviesen todas las piezas fabricadas y ensambladas. De este modo, no habría problemas a la hora de hacer coincidir los agujeros de unas piezas y otras.

Por ello se crearon los programas de CN de taladrado como si fuesen a realizarse, pero finalmente no se emplearon, ya que, los agujeros se realizarían de manera manual a todo el conjunto de piezas ensambladas una vez terminado el proceso de fabricación mediante CN.

4.6. Secuencia del proceso de fabricación

A lo largo de todo el proceso de fabricación, deben realizarse las siguientes tareas siguiendo el orden especificado. Estas tareas se han realizado para llevar a cabo el mecanizado de cada una de las piezas del molde. En este apartado adjuntamos algún ejemplo de las tareas enumeradas. Aunque no será hasta el siguiente capítulo cuando adjuntemos fotos de todo el proceso de fabricación de cada pieza.

1. Envío de datos a la máquina herramienta.
2. Localización del cero máquina.
3. Utillajes y amarres (para cada pieza).
4. Definición del cero pieza (para cada pieza).
5. Prueba de mecanizado al aire (para cada pieza).
6. Mecanizado (para cada pieza).
7. Ensamblaje y ajuste de las piezas fabricadas.
8. Pulido de superficies mecanizadas.
9. Realización de taladros.

4.6.1. Envío de datos a la máquina herramienta

Una vez terminado el trabajo con CamWorks y generados los programas de CN de cada una de las operaciones, debemos enviar dichos programas a la fresadora para que los lleve a cabo. Como se ha indicado anteriormente, esta fresadora no cuenta con la opción de programación infinita, hecho que hace de este proceso un procedimiento largo y tedioso.

Debido a la ausencia de puertos USB o infrarrojos en la máquina, no queda otra opción que enviar los programas mediante un portátil que contenga instalado el software PC-IN de SIEMENS para el envío de datos mediante cable de transmisión de datos. Debido a la antigüedad de este software, el proceso debe realizarse con un portátil antiguo que únicamente cuenta con unidad de disquetera. Por tanto, necesitamos enviar los programas a un disquete y desde éste enviarlos a la fresadora con el portátil que contiene el software indicado.

La capacidad de almacenamiento de la máquina fresadora es de unos 21 kBytes, por tanto, no podremos enviar más de 7 u 8 programas a la vez, en función de lo que éstos ocupen. Como ejemplo, el programa de mayor tamaño que hemos generado ocupa

unos 19 kBytes, y por tanto debe enviarse de manera aislada y cuando la memoria de la máquina esté vacía por completo. Aunque el resto de programas ocupan, como norma entre 1 y 3 kBytes cada uno.



Figura 4.18: Proceso de envío de datos a la máquina.

4.6.2. Localización del cero máquina

Cada vez que se enciende la máquina, no podremos realizar ninguna operación sin antes localizar el origen de la máquina, el cual siempre es el mismo. En el cuadro de mando, uno de los modos de trabajo accesibles es el reposicionamiento de la máquina, el cual moviendo cada eje de manera independiente, localiza el cero de cada uno de ellos y, por tanto, el cero máquina. Este proceso hay que repetirlo cada vez que se apaga y enciende la máquina.

4.6.3. Utillajes y amarres

Todo el contenido referente al tema de los amarres ya se ha redactado en el apartado “4.4. Tipos de amarres” del presente capítulo. En este caso, adjuntamos una fotografía de los distintos útiles, entre otros, que hemos empleado.

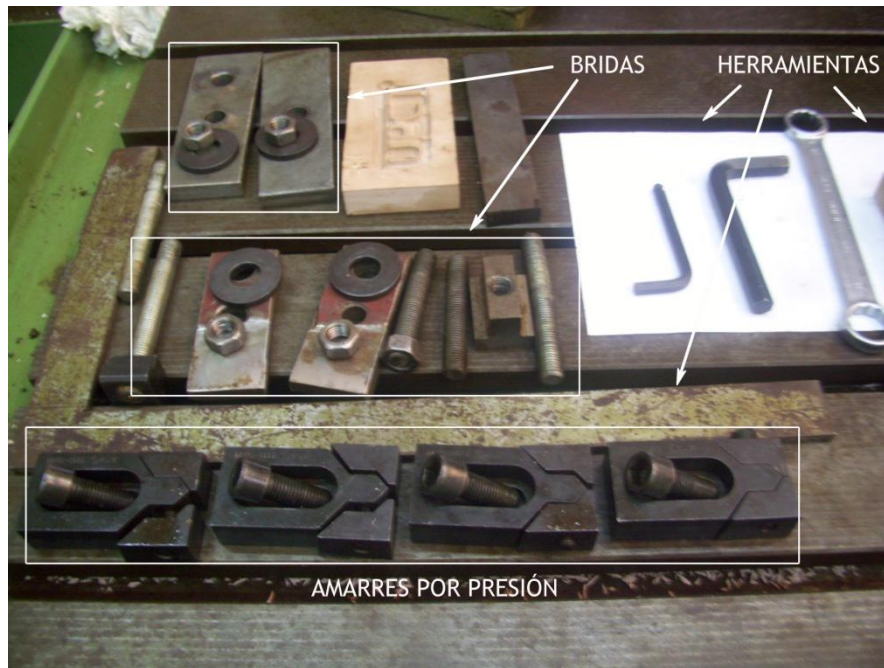


Figura 4.19: Ejemplos de algunos de los utillajes empleados.

Simplemente queda comentar que el tiempo que se lleva el cambio de amarres es muy significativo dentro del total de las horas en el taller, por ello es conveniente tener las ideas muy claras antes de comenzar el trabajo de fabricación.

4.6.4. Decalaje del cero pieza

Una vez tengamos el material amarrado en la mesa de trabajo y los programas listos para lanzarlos en la máquina, tenemos que situar el origen de la pieza en el tocho de material. Esta operación se realiza introduciendo por pantalla de la máquina las coordenadas del punto que queramos que sea nuestro origen.

Para obtener el punto, con la herramienta ya colocada en el cabezal de la máquina, se va tocando suavemente en las caras del material y calculamos cual será el origen de nuestra pieza. Las distancias en los tres ejes de coordenadas se introducen en la máquina. Es de vital importancia la precisión de colocación del cero en el eje Y ya que éste es el eje de la profundidad de mecanizado. Para mover el cabezal cuando la herramienta está muy cerca del material, podemos emplear la opción de movimiento de micra en micra y así asegurarnos el punto de contacto exacto, sin que la herramienta penetre en el material al tocar.

La máquina ofrece la posibilidad de tener 4 funciones de decalaje, es decir, pueden estar definidos 4 orígenes a la vez. Para emplear cualquiera de ellos en el mecanizado, hay que asegurarse que en el código del programa de CN se está empleando el número de función (G54, G55, G56 o G57) en el que hemos definido el cero pieza correspondiente a nuestra pieza actual.

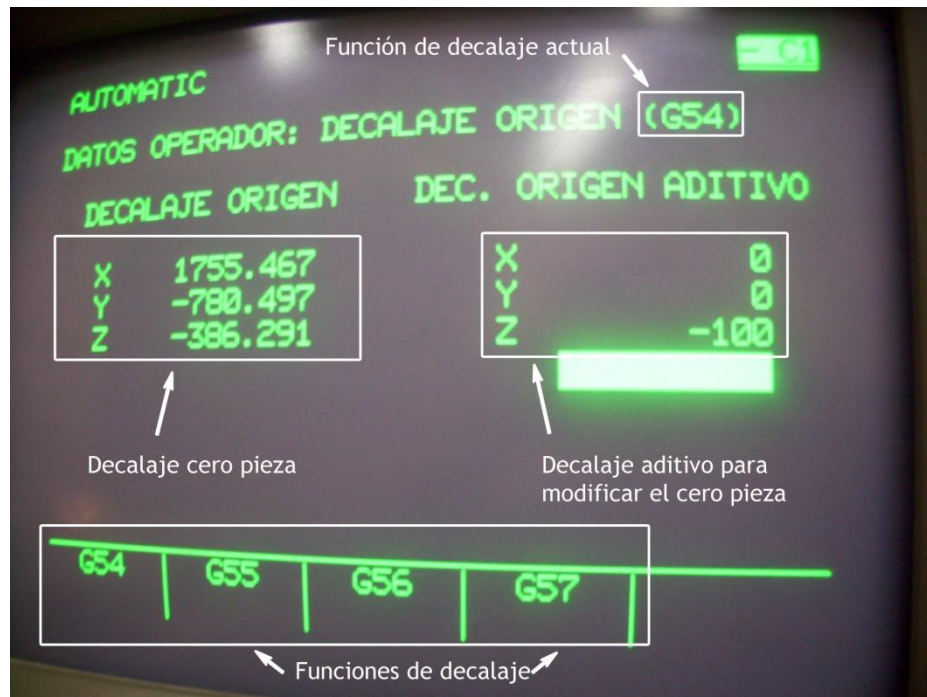


Figura 4.20: Pantalla para el decalaje del cero pieza en la máquina.

4.6.5. Prueba de mecanizado al aire

Es recomendable realizar una prueba anterior al mecanizado del material para observar si la operación que se va a realizar es la correcta y si el origen o el material base están bien colocados. Este proceso puede realizarse de manera sencilla desde la pantalla que se muestra en la imagen anterior. Se trata de modificar el decalaje del origen de la pieza aumentando las coordenadas en el eje Y. De esta manera, el mecanizado se realiza al aire, sobre el material a mecanizar.

En nuestro caso era de uso obligado ya que el material del que disponíamos no era ilimitado y, al no tratarse de un proceso de fabricación en serie, sino que son piezas únicas, conviene realizar dicha comprobación antes de cada operación para evitar problemas. Al fin y al cabo, un mal posicionamiento del cero pieza puede detectarse fácilmente realizando una prueba al aire, mientras que si mecanizamos con el cero mal colocado, no valdrá para nada todo lo realizado anteriormente.

4.6.6. Mecanizado de las piezas

Una vez que hemos realizado todo lo anterior, está todo listo para comenzar a arrancar material. En la realización del proyecto, se han mecanizado todas las piezas bajo supervisión constante, evitando así problemas en el mecanizado como situaciones que pudieran suponer algún peligro.

Durante el mecanizado se ha empleado una aspiradora de viruta para que la acción de supervisión pudiera realizarse de manera correcta, permitiéndonos así, observar las geometrías que la herramienta dejaba a su paso. De esta manera, ante cualquier anomalía geométrica con respecto a los diseños, solo teníamos que interrumpir el mecanizado y analizar la situación.

Además, se ha ido añadiendo agua a la herramienta durante varios momentos del mecanizado para evitar así el desgaste o desperfectos de la misma que pudieran ser ocasionados por su excesivo calentamiento. Sin embargo, estas herramientas preparadas para trabajar con metal, tienen un perfecto comportamiento en el mecanizado de materiales menos densos y más blandos como puede ser el metacrilato.

En el apartado “4.7. *Fabricación del molde*” se adjuntan fotografías del proceso de mecanizado de cada una de las piezas del molde.

4.6.7. Ensamblaje y ajuste de las piezas fabricadas

Una vez fabricadas cada una de las piezas que componen el molde, pasamos a comprobar el correcto ensamblaje del conjunto que forma el molde.

Debido a que las condiciones de mecanizados no son ideales, pueden existir ciertos escalones o esquinas que precisen un post mecanizado para que el ensamblaje de las piezas sea óptimo. Una vez detectadas las piezas que precisan un mecanizado de ajuste, se crean los programas necesarios y, marcando de manera precisa las superficies que lo necesiten, se procede a realizar los últimos retoques mediante el mecanizado de aquellos puntos que no hayan quedado como deberían.

Este paso es casi inevitable, sobre todo en nuestro caso, donde el molde es un conjunto de varias piezas que deben quedar perfectamente ensambladas para dar lugar a una cavidad del molde totalmente hermética.

Aquellas piezas cuyas diferencias con el diseño sean considerablemente elevadas, se requiere realizar de nuevo el mecanizado con la fresadora, mientras que aquéllas que tengan pequeños desajustes, pueden corregirse manualmente mediante un suave lijado o limado de las superficies que lo requieran.

4.6.8. Pulido de superficies

El mecanizado del metacrilato, conlleva que aquéllas caras por donde al fresa ha ido arrancando material pierdan su transparencia, debido a las pequeñas marcas del paso de la herramienta.

Debido a que una de las principales propiedades que nos llevó a seleccionar al metacrilato como material fue su transparencia, es necesario realizar un pulido de estas superficies para recuperar la transparencia que caracteriza a este material. Este pulido se realiza de manera manual con una lija con tamaño de grano muy pequeño para que no dañe las superficies, usando aceite de pulido.

4.6.9. Mecanizado de agujeros (taladros)

Tal y como se comentó anteriormente, la realización de los agujeros presentes en el diseño de las piezas tiene lugar cuando tengamos el molde completamente ensamblado y acabado. De esta manera, aprovechando el ensamblaje, realizaremos los taladros que se utilizarán para la unión mecánica de las piezas mediante tornillos. Con este procedimiento nos aseguramos, necesariamente, que los agujeros coincidan.

La realización de estos taladros puede llevarse a cabo en la fresadora manual marcando los centros de los agujeros a realizar, sin necesidad de repetir todo el proceso de creación de programas CN, dejajalajes, etc.

4.7. Fabricación del molde

Para finalizar este capítulo, una vez descrito el proceso que se ha seguido para la fabricación de cada pieza, en este último apartado ilustramos la fabricación con fotografías de todo el procedimiento. En este caso, y como ya hicimos en el “Capítulo 3”, particularizamos el proceso para una de las configuraciones del molde.

Por tanto, a continuación mostramos fotografías del proceso de fabricación de la configuración del molde para placa de espesor de 4 mm y con llenado recto (90°).

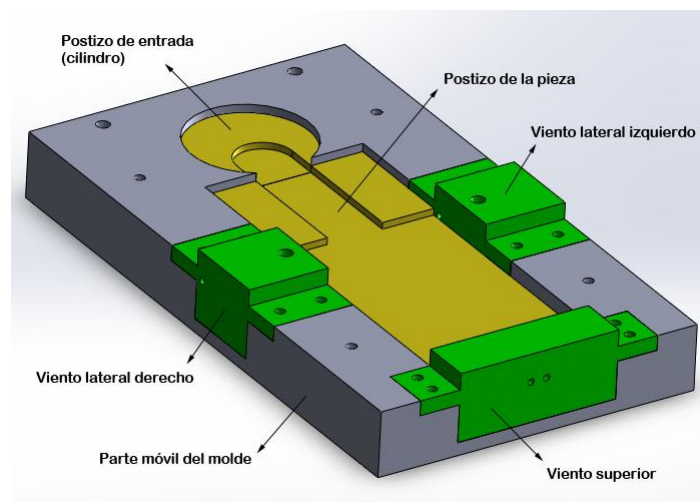


Figura 4.21: Configuración a fabricar.

4.7.1. Parte móvil del molde

Como se ha indicado en apartados anteriores, para la fabricación de esta pieza se ha empleado un bloque de metacrilato de 50 mm de espesor. Para la fabricación del molde, únicamente contábamos con este bloque de dimensiones 380x380x50 para la fabricación de la parte móvil del molde y los tres vientos del molde. Por tanto, no teníamos margen de error en la fabricación de estos cuatro componentes del molde.

Por esta razón, y porque se trataba de la primera pieza que íbamos a fabricar, decidimos realizar una prueba de mecanizado en resina de mecanizado antes de comenzar la fabricación en metacrilato para familiarizarnos con los elementos y comprobar que el resultado del mecanizado era el correcto.

- **Prueba en resina de mecanizado:**

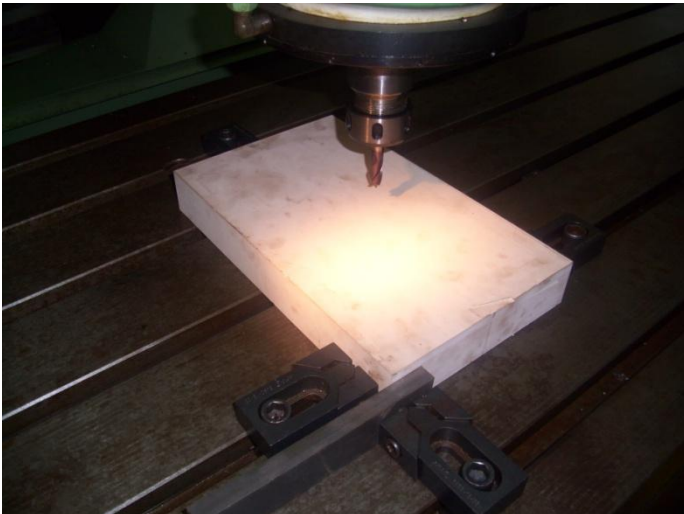


Figura 4.22: Amarre de resina de mecanizado.



Figura 4.23: Desbaste superior.

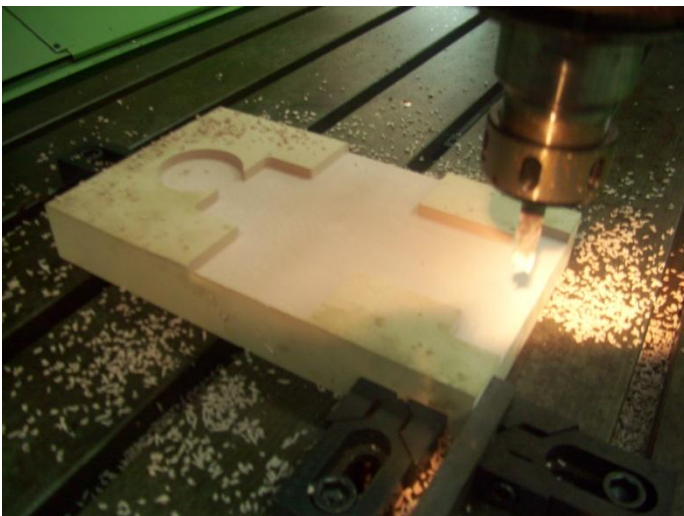


Figura 4.24: Fin de desbaste superior.



Figura 4.25: Desbaste medio.

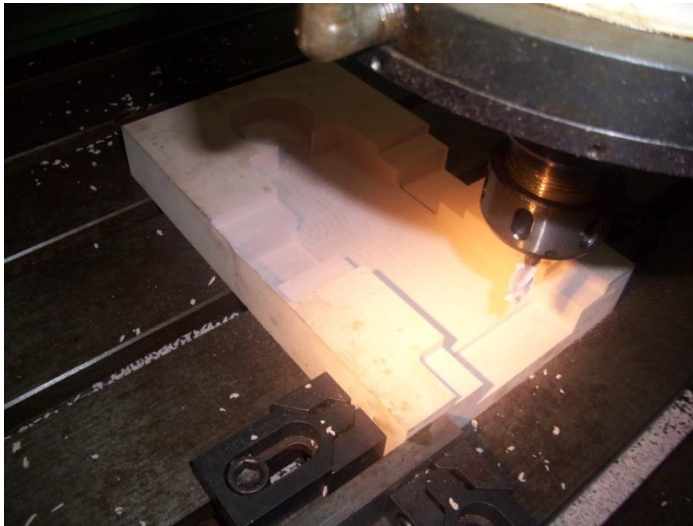


Figura 4.26: Desbaste viento superior.

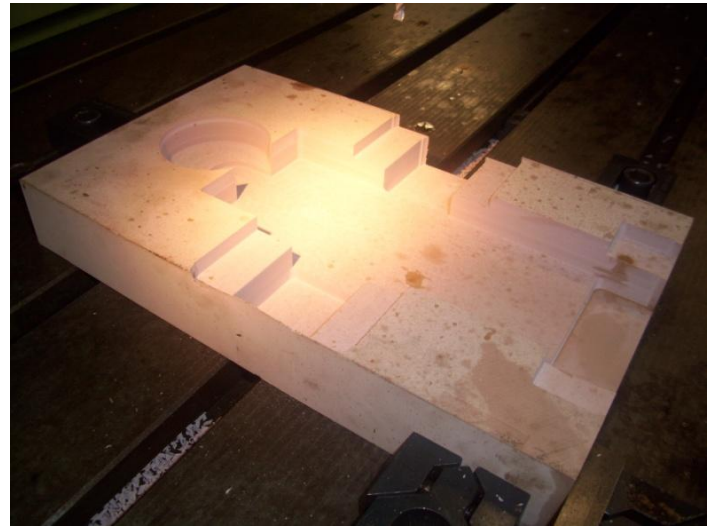


Figura 4.27: Resultado tras desbastes.

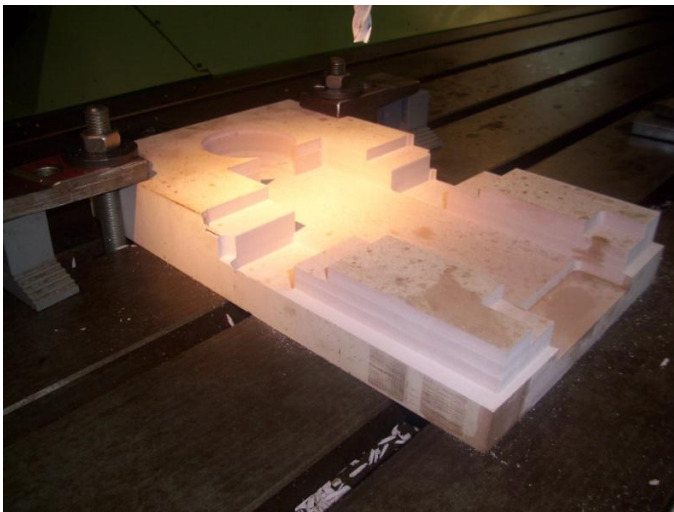


Figura 4.28: Bridas para contorno 1.

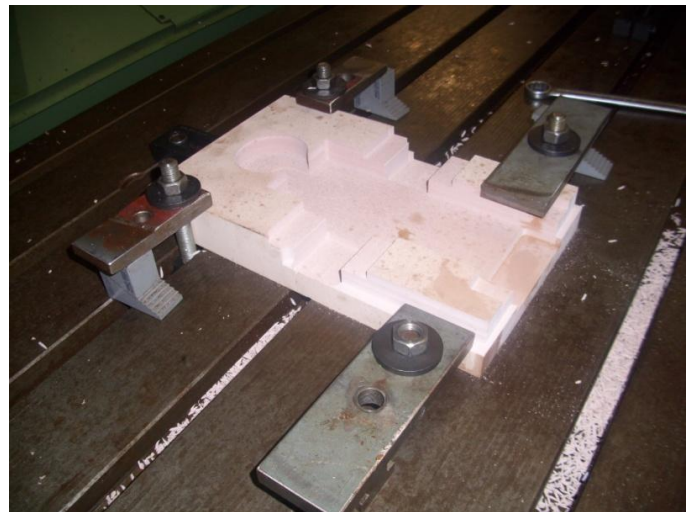


Figura 4.29: Cambio de posición de amarres (bridas).

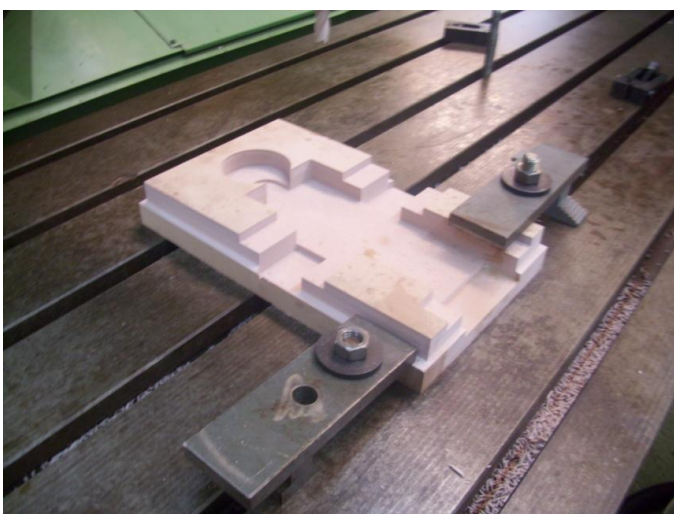


Figura 4.30: Contorno abierto 2.

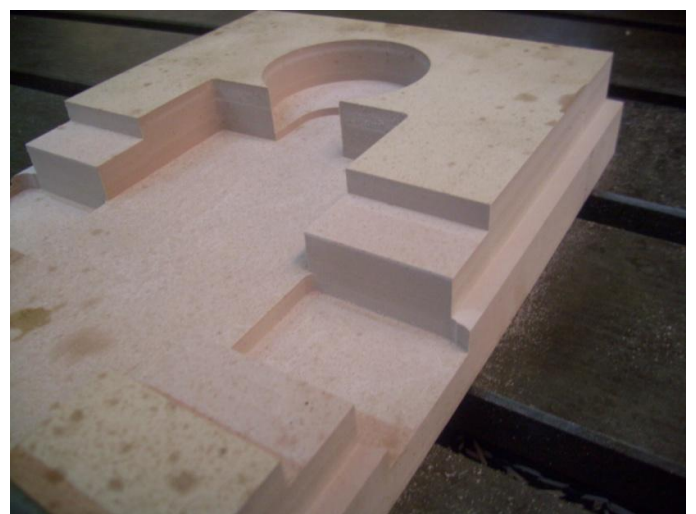


Figura 4.31: Detalle fin de prueba de mecanizado.

- **Fabricación en metacrilato:**



Figura 4.32: Amarre bloque de metacrilato de 50.

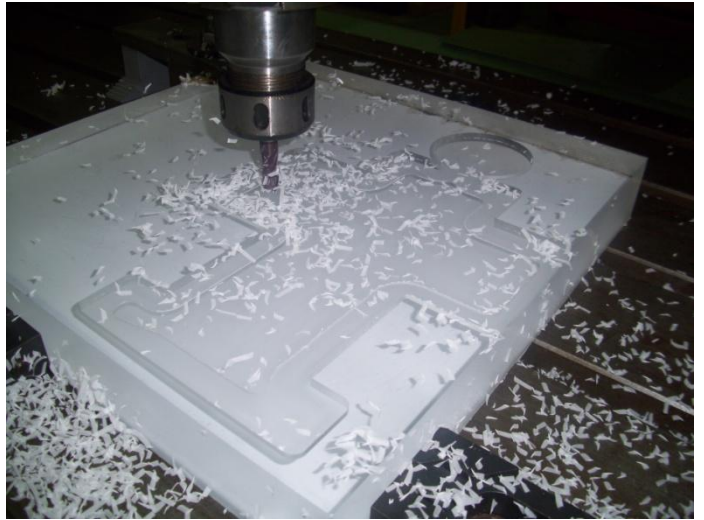


Figura 4.33: Comienzo del desbaste superior.

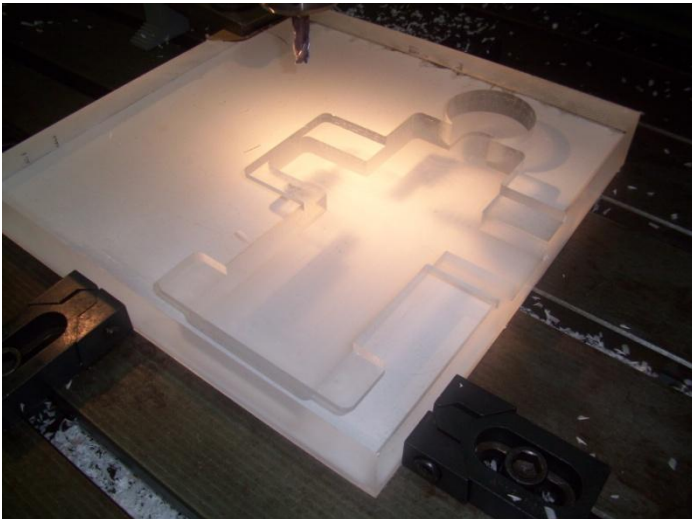


Figura 4.34: Fin de desbaste sup., medio e inf.

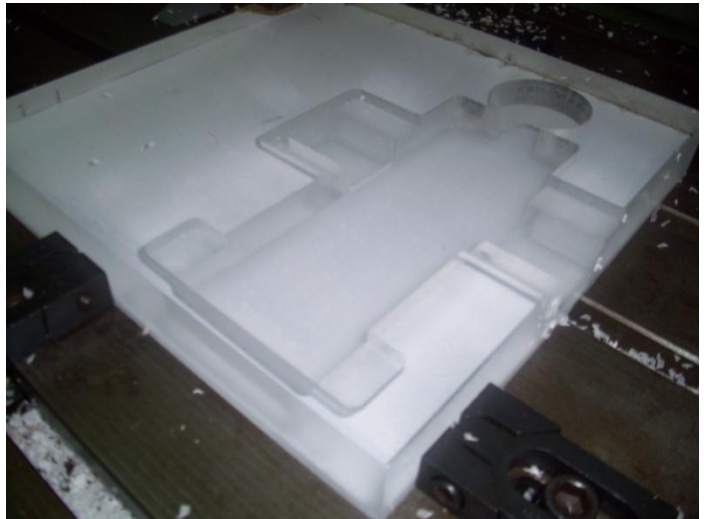


Figura 4.35: Fin desbaste vientos laterales.

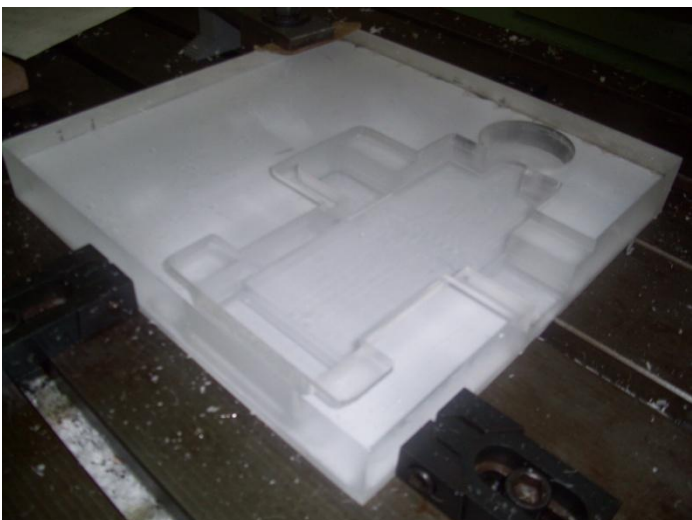


Figura 4.36: Resultado tras los desbastes.

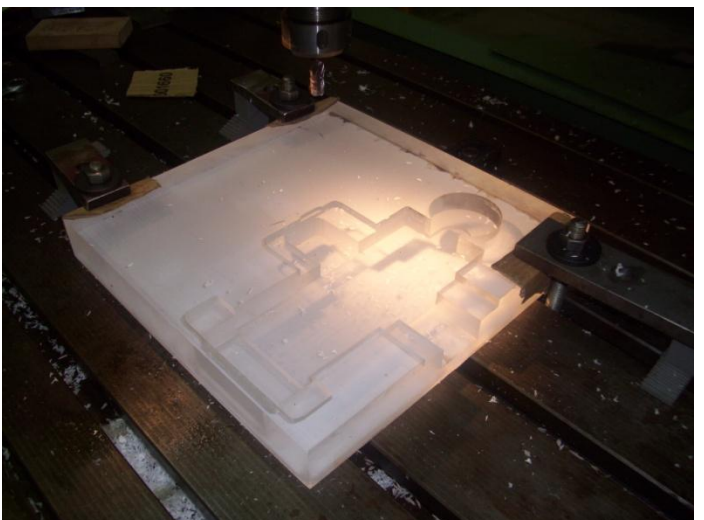


Figura 4.37: Cambio de amarres para contorneado 1.



Figura 4.38: Cambio de amarres para contorneado 2.

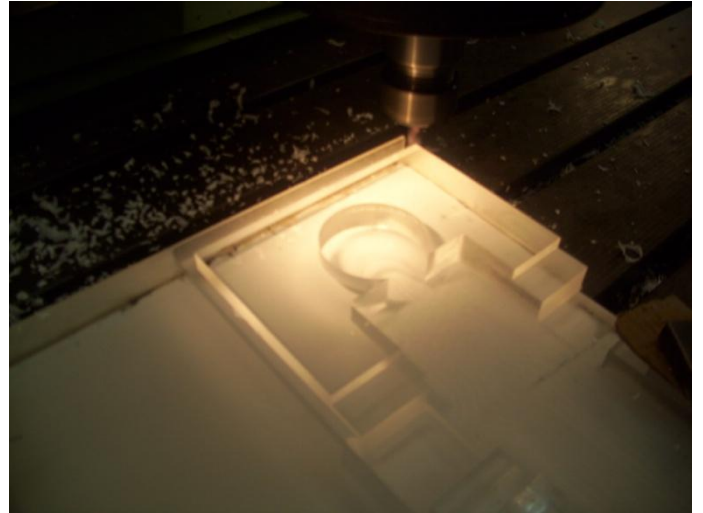


Figura 4.39: Contorneado abierto 2.



Figura 4.40: Cambio de plano para planeado inf.

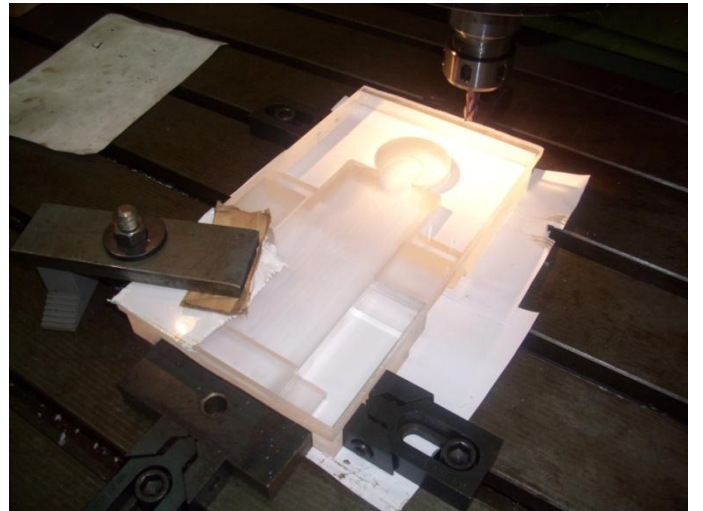


Figura 4.41: Planeado inferior.

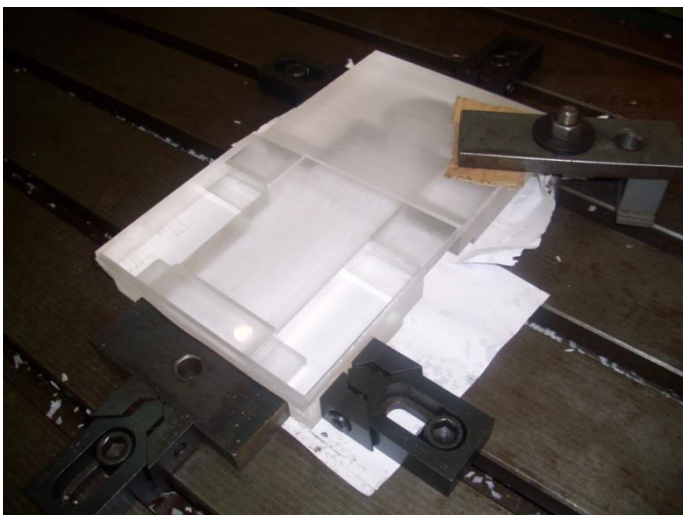


Figura 4.42: Cambio de amarres para planeado 2.

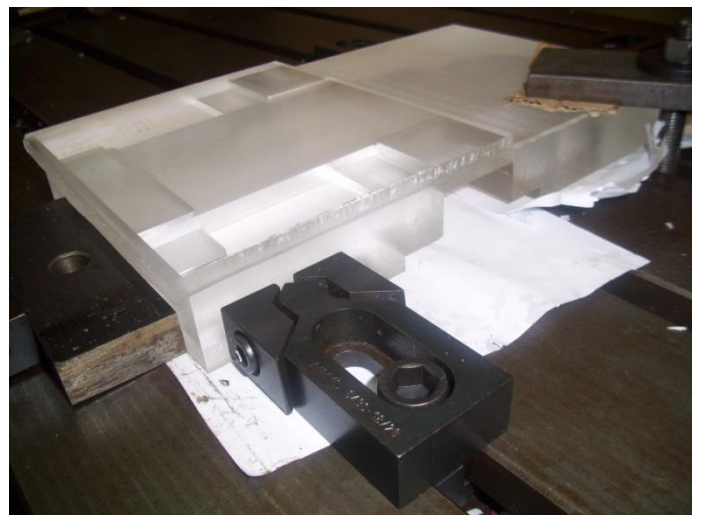


Figura 4.43: Detalle planeado inferior.

4.7.2. Vientos laterales y viento superior

Al igual que la pieza anterior, los vientos se mecanizan en la parte sobran del bloque de metacrilato de 50 mm. Debido a esto, se aprovechó el amarre del bloque para mecanizar la parte superior de los vientos después del mecanizado de la parte móvil del molde. De esta manera, se mecanizaron las partes superiores del molde móvil y de los vientos y, posteriormente, se separaron las piezas para mecanizar las caras posteriores.

Una vez separados los vientos mecanizados en su plano superior, las piezas resultantes son de pequeñas dimensiones, lo que nos obliga a emplear la mordaza para realizar el amarre.



Figura 4.44: Desbaste superior vientos laterales.



Figura 4.45: Contorno superior vientos laterales.



Figura 4.46: Desbaste y contorno viento superior.

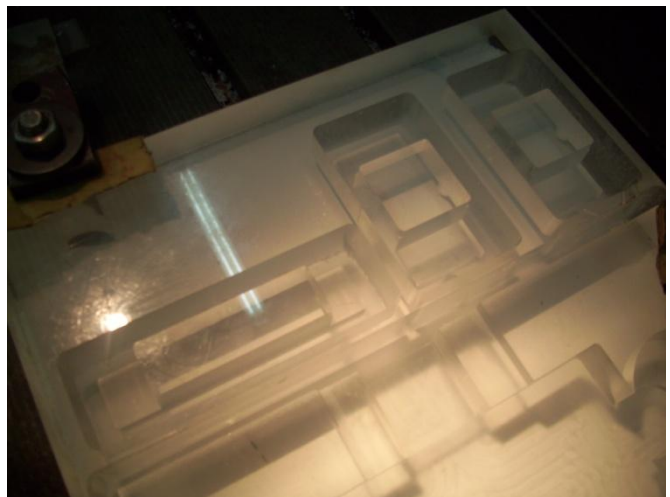


Figura 4.47: Mecanizado de vientos.

En la siguiente imagen se muestra el detalle del redondeo de las esquinas de los vientos para que encajen perfectamente en la parte móvil del molde. Debido a que el escalón es de 7 mm de altura, el redondeo solo se realiza en esa profundidad.



Figura 4.48: Detalle del redondeo de las esquinas en los vientos.



Figura 4.49: Amarre con mordaza del viento lateral.



Figura 4.50: Detalle de amarre con mordaza.



Figura 4.51: Planeado y desbaste posterior.



Figura 4.52: Planeado posterior del viento superior.

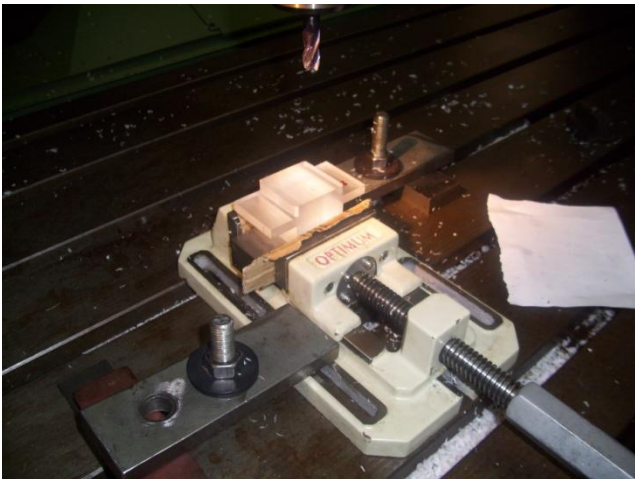


Figura 4.53: Mecanizado posterior en mordaza



Figura 4.54: Mecanizado de reajuste para ensamblaje.

4.7.3. Parte fija del molde

Las imágenes que describen el proceso de mecanizado de esta parte del molde no tienen la claridad de las anteriores piezas debido a que la plancha de metacrilato contaba una lámina de plástico protectora pegada en su parte posterior.

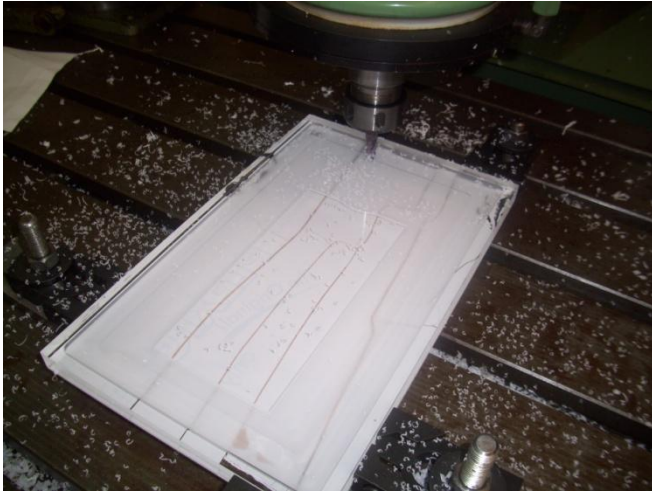


Figura 4.55: Rebaje superior.

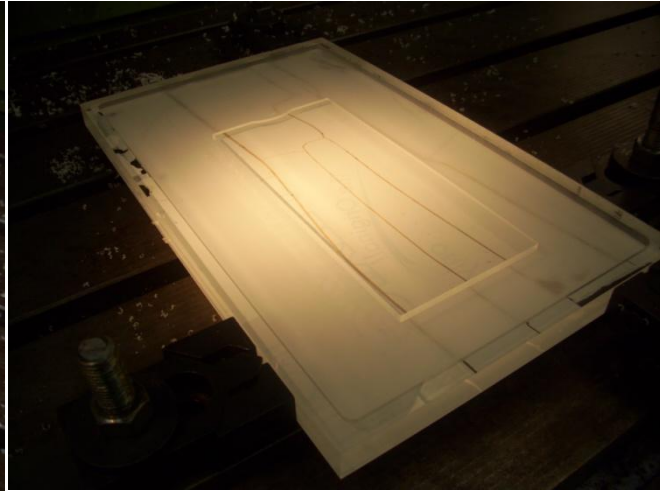


Figura 4.56: Detalle de la isla mecanizada con el rebaje.

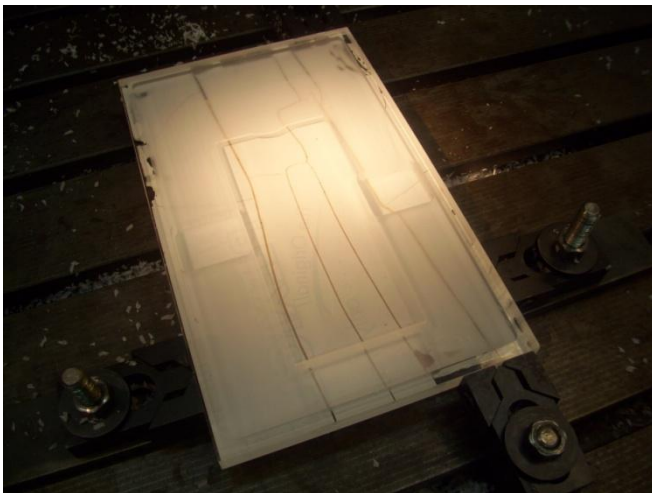


Figura 4.57: Desbaste de cavidades de los vientos.



Figura 4.58: Desbaste del agujero (pasante) del pistón.

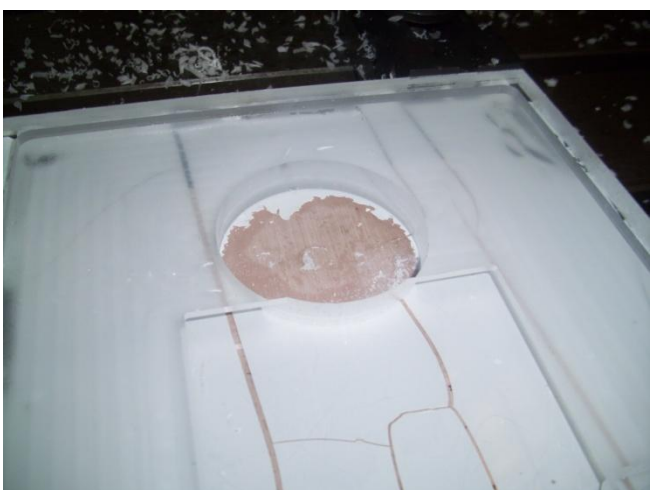


Figura 4.59: Detalle del agujero (pasante) para el pistón.



Figura 4.60: Contorneado exterior 1.

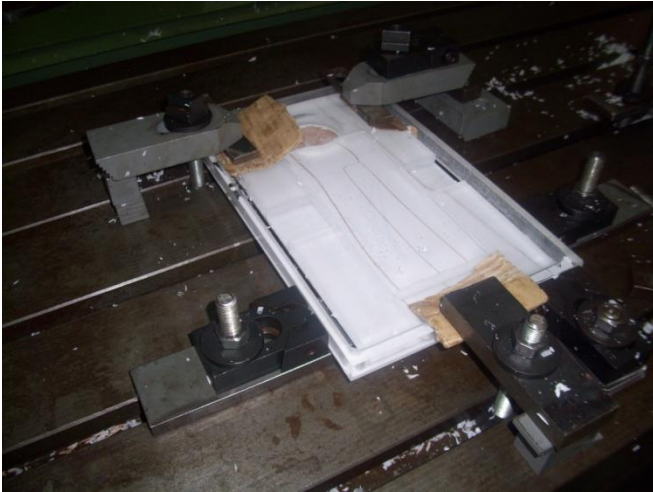


Figura 4.61: Contorneado exterior 2.

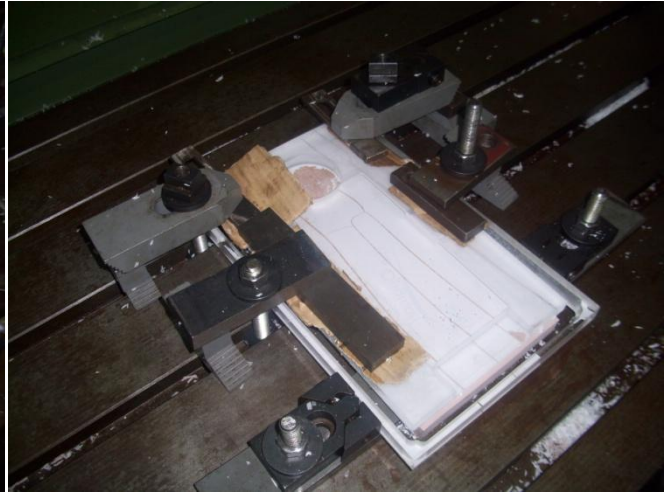


Figura 4.62: Contorneado exterior 3.

El mecanizado la parte posterior de esta pieza se compone de una sola operación de contorno del agujero del pistón, creando un escalón que sirve como tope del tubo de llenado. Para realizarla con la mayor precisión posible, se sitúa el cero del plano posterior de la pieza en el centro del agujero realizado. Para localizar este punto una vez que se ha girado la pieza, nos ayudamos de un palpador de alta precisión, que tocando en varios puntos de la circunferencia, nos permite calcular las coordenadas del centro e introducirlas como origen de la pieza en la máquina fresadora.

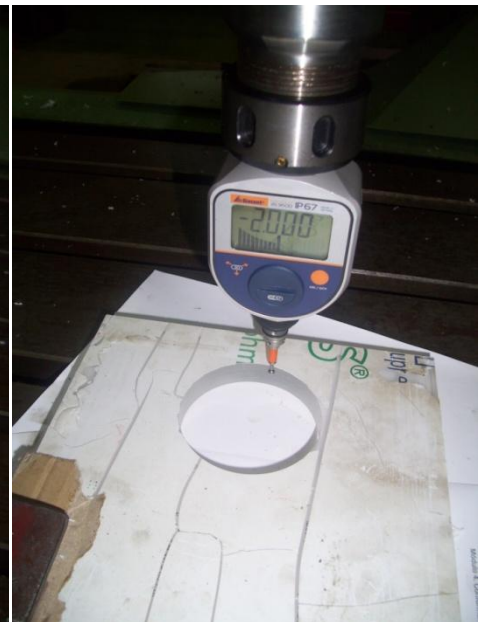


Figura 4.63: Detalle del uso del palpador para determinar las coordenadas del centro del agujero.

4.7.4. Postizo de la pieza

El mecanizado de esta pieza es el más sencillo de todos los realizados. Una vez fabricadas todas las piezas que estamos mostrando, para utilizar cualquiera de las otras configuraciones diseñadas para el molde, únicamente hay que fabricar los distintos postizos de la pieza. En este caso mostramos el postizo correspondiente a la configuración de llenado recto para la fabricación de placas de 4 mm de espesor. Las operaciones realizadas son, únicamente, un desbaste y el contorneado de la pieza acabada.



Figura 4.64: Desbaste del postizo de la pieza.

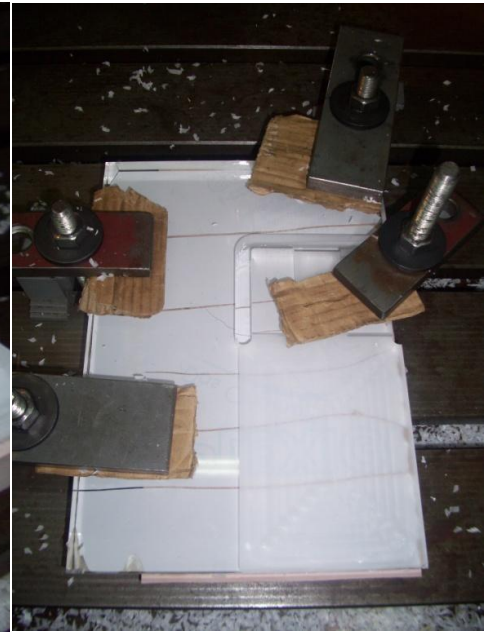


Figura 4.65: Contorneado exterior.

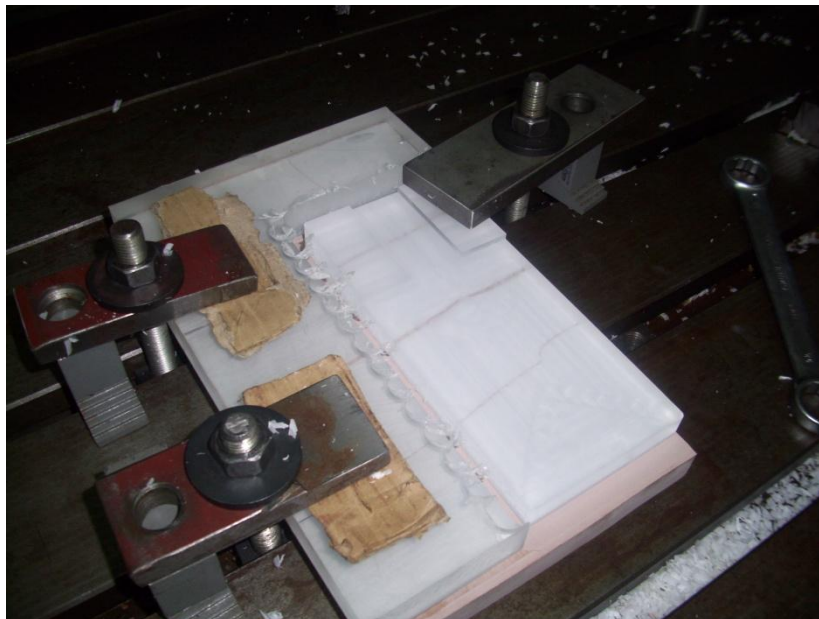


Figura 4.66: Contorneado exterior.

4.7.5. Postizo de llenado (cilindro)

Tal y como se ha mencionado en apartados anteriores, este postizo es la pieza más compleja de fabricar, debido a sus pequeñas dimensiones y compleja geometría. Gracias a que no es un cilindro completo, sino que tiene una cara recta, se puede agarrar en la mordaza para ser mecanizado.

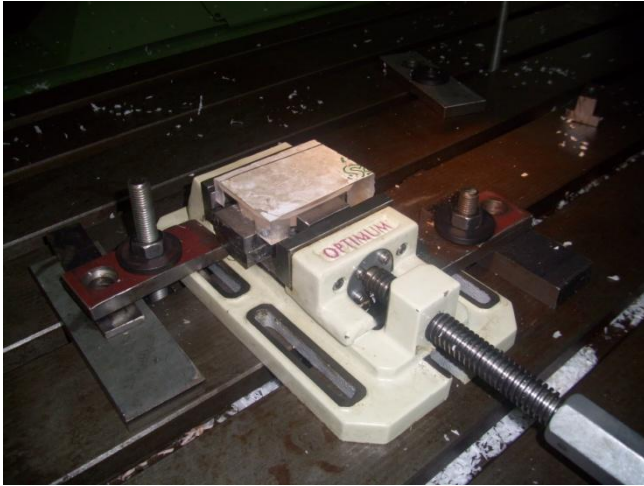


Figura 4.67: Amarre con mordaza del cilindro.



Figura 4.68: Mecanizado posterior en mordaza.

4.8. Fotografías finales del molde

Una vez mecanizadas todas las piezas del molde y comprobado su correcto ensamblaje, se puede dar por terminado el proceso de fabricación. El último paso, como se comentó anteriormente es la realización del pulido de las superficies mecanizadas para recuperar su transparencia y dejarlas lisas.

4.8.1. Fotografías del molde antes del pulido



Figura 4.69: Piezas mecanizadas, superficies sin pulir.



Figura 4.70: Parte móvil del molde.



Figura 4.71: Parte fija del molde.



Figura 4.72: Postizo de la pieza.



Figura 4.73: Viento laterales.



Figura 4.74: Viento superior.



Figura 4.75: Postizo de llenado (cilindro).

4.8.2. Fotografías del molde pulido (definitivo)

En primer lugar incluimos fotografías de las piezas sometidas al proceso de pulido, siendo las caras coloreadas aquellas que precisan de limado para ajustar los últimos retoques para dar el correcto ensamblaje por finalizado. Las superficies pulidas son todas aquellas que han sido mecanizadas y, por tanto, han perdido su transparencia durante el proceso de fabricación.

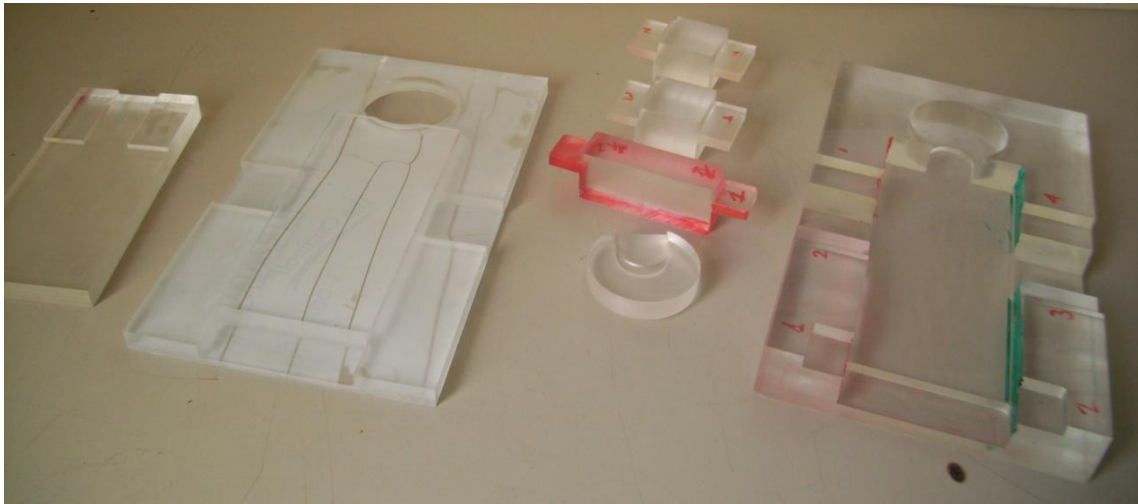


Figura 4.76: Conjunto de piezas durante el pulido.

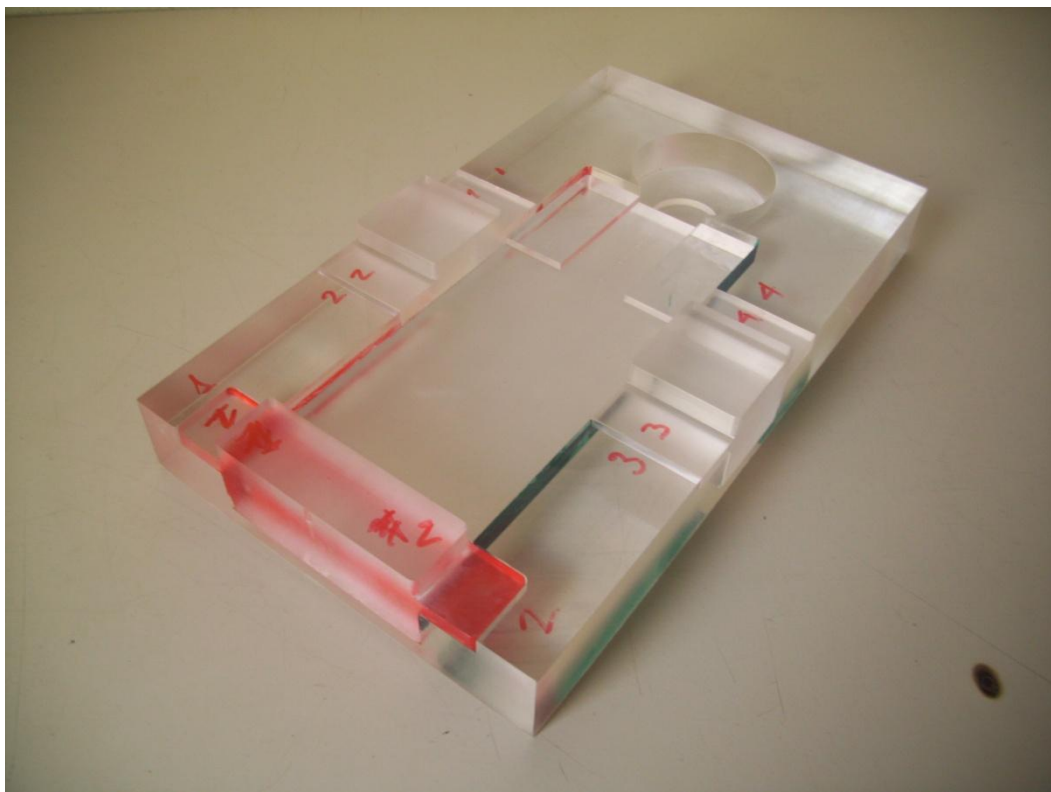


Figura 4.77: Ensamblaje con las piezas semipulidas.

Por último y para dar por terminado el capítulo, incluimos fotografías de las piezas definitivas, a falta de los taladros pertinentes, con el proceso de pulido terminado, recuperando así la transparencia que caracteriza al metacrilato y que nos permite la realización de los ensayos de fotografiado.

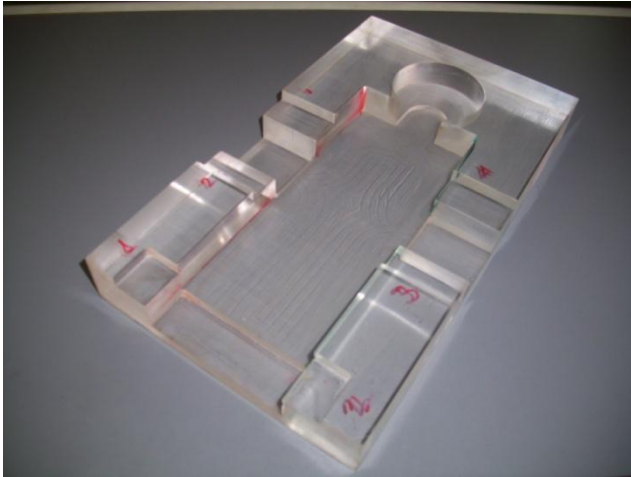


Figura 4.78: Parte móvil.

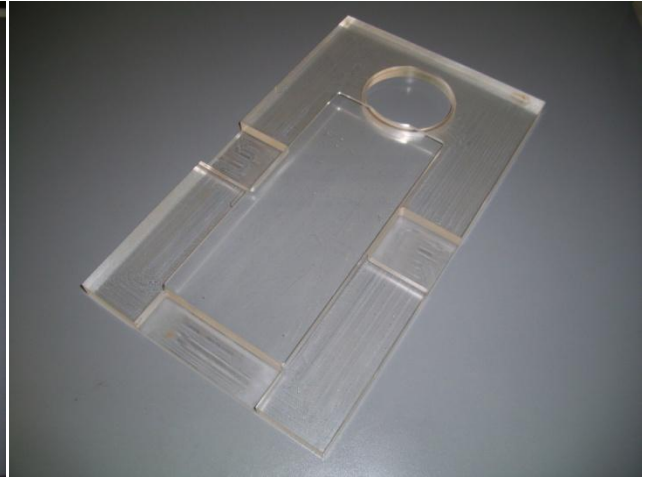


Figura 4.79: Parte fija.

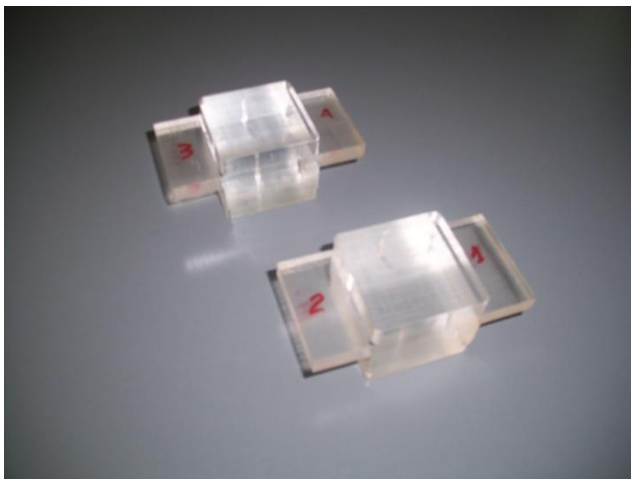


Figura 4.80: Vientos laterales.



Figura 4.81: Viento superior.



Figura 4.82: Postizo de llenado (cilindro).

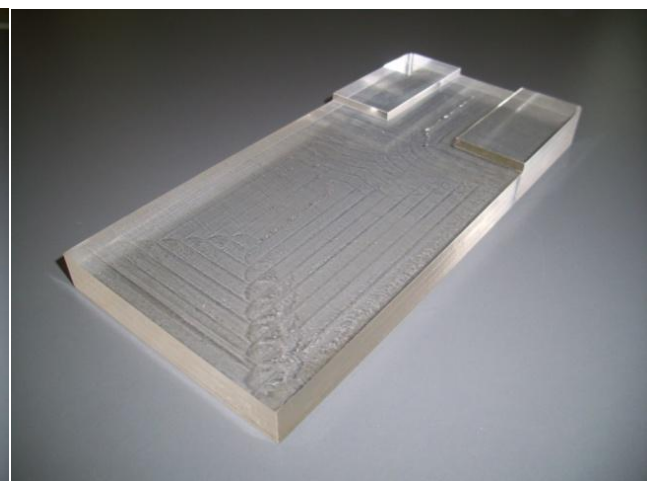


Figura 4.83: Postizo de la pieza.

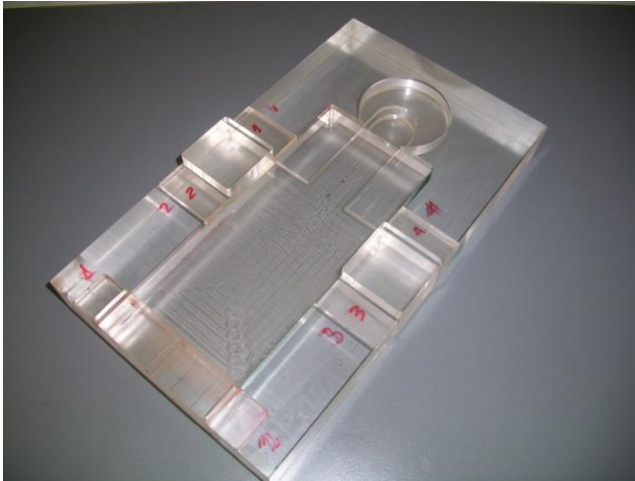


Figura 4.84: Ensamblaje con parte móvil.

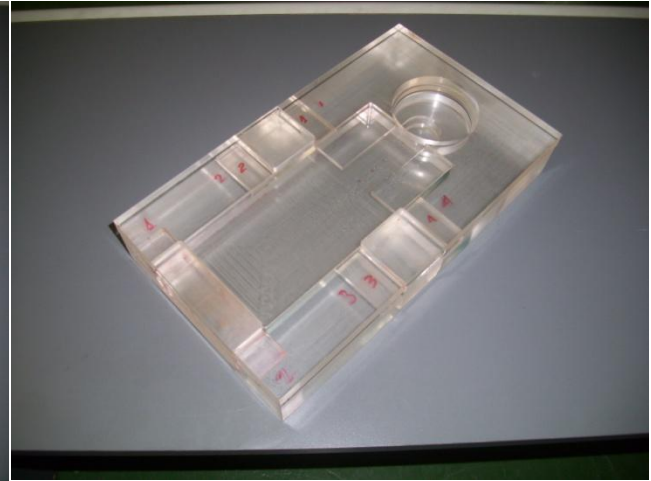


Figura 4.85: Ensamblaje con parte móvil y fija.

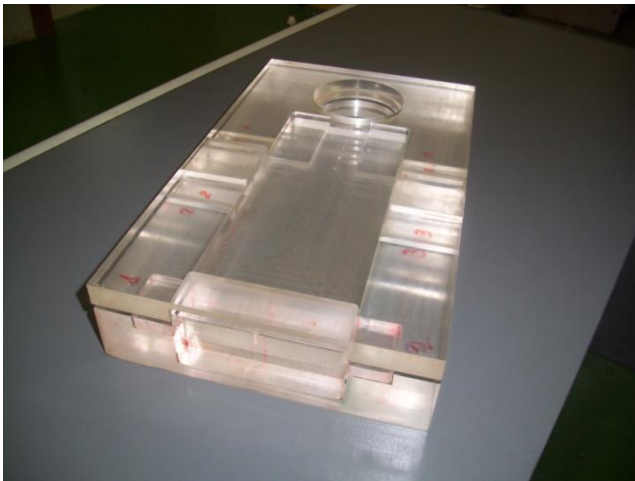


Figura 4.86: Ensamblaje con parte móvil y fija.

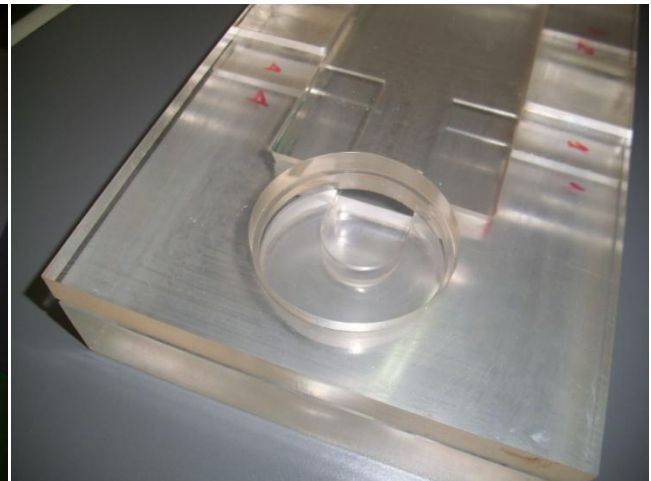


Figura 4.87: Detalle de la entrada de agua.

4.9. Tiempos de fabricación

La parte correspondiente al proceso de fabricación de las piezas del molde ha sido la parte más ardua y que más horas continuadas hemos tenido que trabajar. Como ya se dijo anteriormente, la fabricación se lleva a cabo en los talleres de UPCT situados en el campus de Alfonso XIII. La ayuda de los oficiales del taller ha sido indispensable para ver reducido el número de horas que estuvimos en el taller.

Las horas de trabajo en el taller componen toda la secuencia del proceso de fabricación descrita en este capítulo. Incluyendo envío de datos a la máquina, amarres y utillajes, puesta a punto de la máquina, prueba al aire de mecanizado, mecanizado, repasos, etc. En los programas de CN generados, viene indicado el tiempo de mecanizado de cada operación, aunque en nuestro caso no es fiable ya que nosotros definimos unas velocidades máximas que a la hora del mecanizado las reducimos en la fresadora. Además, ese tiempo no considera los demás pasos necesarios como amarres o

envío de datos, que incluso suponen más tiempo que el propio mecanizado. En las horas listadas a continuación, se incluyen todos estos tiempos de preparación de material, envío de datos, etc., además del mecanizado.

- Contacto con la máquina y prueba en resina8 horas.
- Mecanizado de la parte móvil del molde12 horas.
- Mecanizado de los vientos laterales y superior.....6 horas.
- Mecanizado de la parte fija del molde.....10 horas.
- Postizo de la pieza.....2 horas.
- Postizo de llenado (cilindro).....4 horas.
- Retoques en los vientos.....4 horas.
- Pulido de las superficies.....4 horas.

Todas estas horas de trabajo a pie de máquina se distribuyeron a los largo de tres semanas consecutivas.

CAPÍTULO 5

Conclusiones y desarrollos futuros

Para cerrar el proyecto, se realiza un análisis de todo lo llevado a cabo, con el fin de definir si los objetivos iniciales se han llevado a cabo. Durante la realización y redacción del proyecto van surgiendo inconvenientes e ideas que a priori se desconocen. Esto hace que podamos ir descubriendo nuevas posibilidades, que una vez comenzado el proyecto, no pueden incluirse por unos u otros motivos. Esto da pie, a que en este capítulo se especifiquen dichas mejoras y/o propuestas de cara a que nuevos estudios o proyectos que abarquen este mismo tema, puedan aprovecharse de ello y contar con los consejos o incisos de aquellas personas que han tenido una experiencia mediante la realización de este proyecto.

5.1. Consecución de objetivos

Para realizar este análisis, debemos partir de los objetivos con los que se inició el presente proyecto que, a modo de resumen, fueron los siguientes:

- Manejo y control de software tipo CAD SolidWorks.
- Empleo de la herramienta “Configuraciones” para el diseño del molde.
- Diseño de distintas configuraciones para un molde real de acero y para una réplica de molde real de metacrilato.
- Manejo y control del software tipo CAM CamWorks.
- Postprocesado. Obtención de los programas de CN de mecanizado.
- Uso de las comunicaciones PC-CNC para el envío de los código de CN.
- Planificación, mediante hojas de procesos y planos, de las secuencias de fabricación, utillajes y amarres del molde réplica.
- Fabricación en metacrilato de las distintas piezas que conforman el molde réplica diseñado.
- Capacidad de comprobación y autocrítica, con respecto a lo fabricado y lo que se había diseñado.
- Acabado y montaje del molde fabricado.
- Puesta a punto para los futuros ensayos de visualización a realizar.

De acuerdo a los objetivos que se tenían al inicio del proyecto, se puede concluir que se han cumplido todos o prácticamente todos de manera satisfactoria, tal y como se puede comprobar leyendo la presente redacción del proyecto.

Cabe mencionar que lo ideal habría sido poder haber realizado los taladros que se incluyen en el diseño y de los cuales se crearon los programas de CN para llevarlos a la práctica. Estas operaciones no se han realizado debido, tal y como se comenta a lo largo de los capítulos del proyecto, en primer lugar a falta de tiempo y en segundo lugar por querer esperar a definir de manera convincente la situación de algunos de ellos, como por ejemplo los agujeros para las varillas del banco de ensayo.

Además, durante el trabajo que se realizó en el taller de la UPCT, se decidió posponer la realización de los taladros hasta el momento en que se fuese a llevar a cabo el montaje definitivo del molde para la realización de los ensayos.

Por otro lado, antes de la realización de los taladros no estaría de más la fabricación de alguna que otra configuración más para la realización de los ensayos con distintas geometrías.

Por último, respecto al punto de puesta a punto para los ensayos de visualización debemos mencionar que en el punto de partida se decidió tomar parte de la realización de los ensayos una vez fabricada la primera configuración del molde. Sin embargo, por razones de tiempo, finalmente se consideró como mejor opción encaminar la realización del proyecto hacia las disciplinas de diseño y fabricación mediante los sistemas CAD/CAM en toda su totalidad. De esta manera, se garantiza la obtención de una enorme experiencia por parte del alumno en el ámbito de la fabricación, incluyendo conceptos básicos sobre la evaluación de la porosidad en fundiciones.

5.2. Mejoras y desarrollos futuros

A lo largo de la realización del proyecto han ido surgiendo una serie de inconvenientes o dificultades que hacen que no sea posible desarrollar todo como se planificó desde un principio. Una vez que se está sumergido en la realización del proyecto, estos inconvenientes hacen que aparezcan algunas ideas que, de haberlas considerado antes, habrían facilitado la realización del proyecto. En este apartado, incluimos dichas ideas para facilitar los futuros trabajos sobre el tema que trata el presente proyecto.

- Mejora de la comunicación en la transmisión de datos PC – Fresadora.

Como se comenta anteriormente, a la hora de realizar la fabricación del molde de metacrilato, la tarea que más tiempo suponía era la del envío de programas de CN a la fresadora. En este proceso debían copiarse los programas en un Pen Drive para trasladarlos desde el portátil donde se habían generado hasta un ordenador de sobremesa con disquetera. A continuación, los programas se copiaban en un disquete y se enviaban, por medio de otro portátil donde estaba instalado el software de MS-Dos PC-IN de SIEMENS, con el que se enviaban a la fresadora mediante un cable de transmisión de datos.

Este proceso puede acortarse notablemente, incluyendo una disquetera con conexión USB para eliminar el paso por el ordenador de sobremesa. Otra opción que podría estudiarse, sería la de crear una máquina virtual de MS-Dos en el portátil donde se hayan creado los programas de CN y enviarlos directamente a la fresadora, siempre que el portátil cuente con puerto para el envío de datos.

- Realización del mecanizado en un centro de fresado CNC compacto.

Anteriormente se ha comentado la conveniencia de la máquina fresado empleada por otra de menores dimensiones y que ofrezca una mayor facilidad a la hora de trabajar. Para las piezas que teníamos que fabricar, hubiera sido suficiente con una máquina más pequeña y a la vez más manejable que la se utilizó.

- Reducción del número de taladros en el molde de acero.

En el “Capítulo 2” se justificó el elevado número de taladros con los que contaba la parte móvil del molde de acero. Se indicó que esto era inevitable, debido a la gran variedad de posiciones que podían adoptar los postizos y que, además, los taladros destinados a los expulsores son distintos que los destinados a la tornillería.

Debido a que a fecha de finalización del proyecto el molde aún no ha sido enviado para su fabricación por encargo, se podría pensar en optimizar las posiciones de los postizos para minimizar el número de taladros a realizar. Aún así, es una tarea difícil ya que durante el diseño del molde, se consideraron las distintas opciones de colocación de los postizos en la cavidad y no había más remedio que realizar ese elevado número de agujeros.

- Espesor de llenado del molde variable y/o con varios conductos.

Una de las principales ventajas del molde de metacrilato, es su capacidad de admitir nuevas geometrías de llenado con el simple hecho de diseñar y fabricar un nuevo postizo para la pieza. Al inicio de este proyecto, se consideró la opción de diseñar un postizo que hiciese que la sección del conducto de llenado fuese variable en su espesor. Finalmente, se optó por comenzar la fabricación del molde con las geometrías más comunes de llenado. Por esta razón, la puerta está abierta a nuevos diseños como el indicado.

Por otro lado, otra de las opciones de llenado barajadas en un principio, fue la del llenado mediante conductos múltiples de entrada, es decir, introduciendo una isla en la zona central del conducto de llenado.

- Fabricación de todas las configuraciones.

En la realización del proyecto se ha llevado a cabo la fabricación de una de las configuraciones diseñadas para el molde de metacrilato (espesor de 4 mm y llenado recto). Este procedimiento de fabricación incluye las partes comunes del molde para cada configuración, como son la parte móvil y fija del molde, los vientos y el postizo de llenado. De esta manera, solo falta fabricar los postizos de la pieza correspondientes a cada configuración para poder ensayar el molde con todas y cada una de las configuraciones diseñadas. La fabricación de estas piezas es la más sencilla de todas las realizadas en el proyecto, por ello dedicando un pequeño tiempo a la fabricación del postizo de cada configuración tendremos acceso a todas las configuraciones diseñadas en el presente proyecto.

- Fabricación en acero.

En este proyecto se optó por encargar a una empresa externa la fabricación del molde de acero y fabricar nosotros el molde de metacrilato, debido a las facilidades que este presenta respecto al acero. Una de las cosas del proyecto que podrían realizarse en un futuro sería abordar la fabricación de un

molde de acero en los talleres de la UPCT. De esta manera, se realizaría todo el proceso de fabricación para un molde de uso real.

- Realización de ensayos.

Una vez diseñados y fabricados los moldes de este proyecto, se debe continuar la razón de este proyecto realizando los ensayos para los que se han diseñado estos moldes. Esta labor puede llevarse a cabo en futuros proyectos de fin de carrera por parte de los alumnos, o en proyectos de investigación por parte del Departamento de Ingeniería de los Materiales y Fabricación.

ANEXO A

Hojas de configuración

En este primer anexo adjuntamos las hojas de configuración para el proceso de fabricación del molde de metacrilato. En el “*Capítulo 4*” ya se incluyeron las tablas que contienen las hojas de configuración. El software CamWorks permite generar de manera automática las hojas de configuración para las operaciones que se han definido con anterioridad. Sin embargo, se ha decidido crear nuestras propias hojas de configuración mediante Excel, las cuales a nuestro modo de ver tienen una mayor claridad que las obtenidas con el programa.

En estas hojas se incluyen todos los datos referentes a la fabricación de las distintas partes del molde. La función de estas hojas es permitir al usuario que va a realizar la fabricación tener todos los datos disponibles en formato físico y accesibles de manera rápida y fácil. Así, de un vistazo, se concretan todos los datos de la fabricación que se va a realizar.

En ellas se incluyen los siguientes datos para cada una de las piezas:

- Dimensiones del tocho de material.
- Sistema de coordenadas para cada plano de trabajo.
- Nombre de cada operación a realizar.
- Velocidades de giro y avances de cada operación.
- N° de pasadas y máxima pasada.
- Herramienta empleada para cada operación.
- Tipos y cambios de amarres según la operación.
- N° y nombre de los programas de CN asociados a cada operación.
- Imágenes con los caminos seguidos por la herramienta en cada operación.

En primer lugar se incluyen las hojas de configuración creadas por nosotros mismos para cada una de las piezas y, a continuación, se adjuntan las hojas generadas por CamWorks.

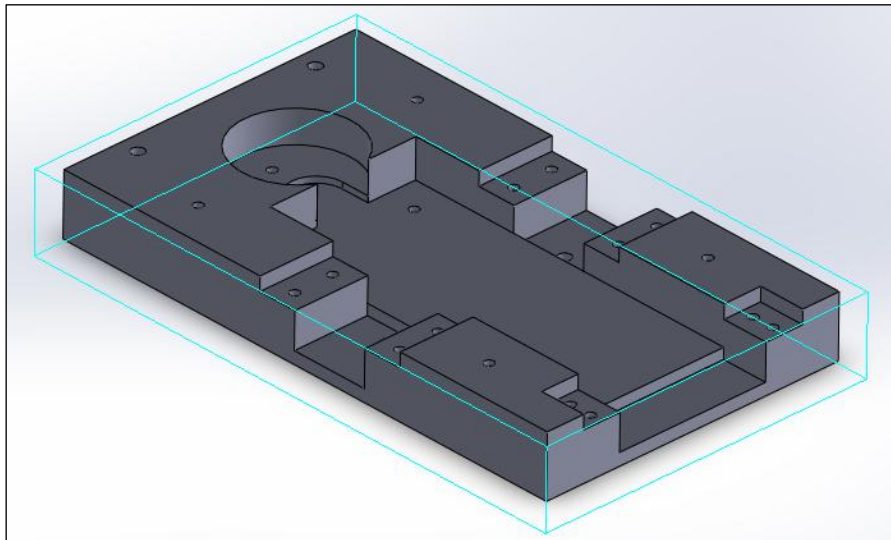
Hoja de procesos: Parte móvil del molde

- **Nombre de la pieza:** “molde_móvil”.
- **Código de postprocesado:** 0100.
- **Material:** poli-metil-metacrilato.

Vol. bruto: 345x200x40 mm

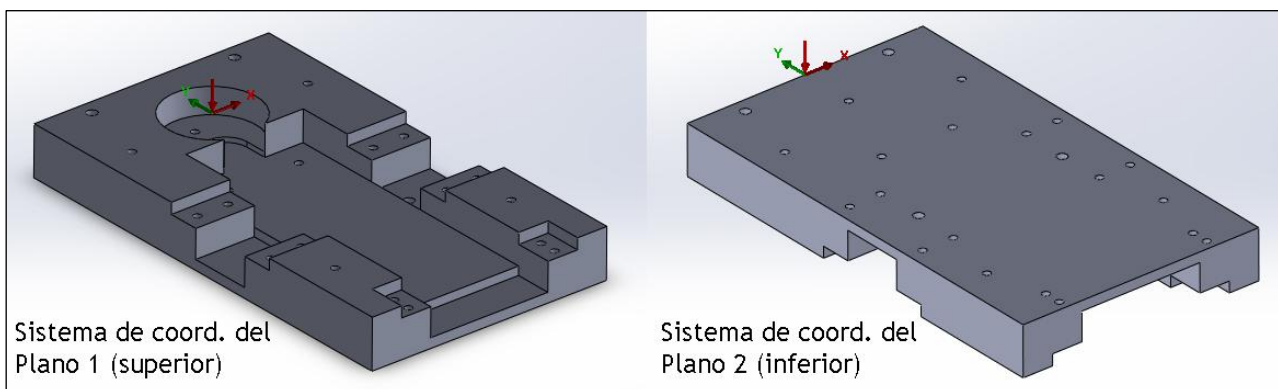
X+15, X-15 // Y+15, Y-15 // Z-10

Tocho: 375x230x50 mm



- **Sistemas de coordenadas:**

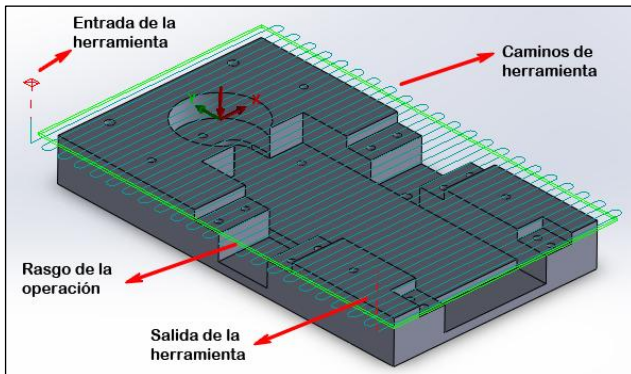
Origen Plano 1 (superior):	Centro cilindro
Origen Plano 2 (inferior):	Pto. medio arista superior



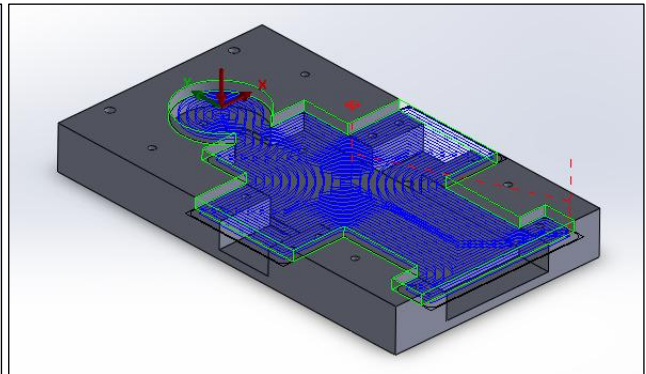
- Tabla de operaciones:

Secuencia	Programa CNC	Amarre	Plano de trabajo	Operación	Herramienta	Vel. giro	Avance XY	Profundidad	1ª Pasada	Máx. Pasada
#	#	Tipo / cambio				rpm	mm/min	mm	mm	mm
1	0101	Presión + Bridas	Plano 1 (sup.)	Planeado superior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	0	4	4
2	0102			Desbaste superior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	9	4	4
3	0103			Desbaste medio	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	12	4	4
4	0104			Desbaste inferior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	4	4	4
5	0105			Desbaste vientos lat.	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	7	4	4
6	0106			Desbaste viento sup.	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	7	4	4
7	0107			Acabado cont. sup.	Plana Ø6	1850 (75%)	200 (10%)	9	9	9
8	0108			Acabado cont. medio	Plana Ø6	1850 (75%)	200 (10%)	12	12	12
9	0109			Acabado contorno inf.	Plana Ø6	1850 (75%)	200 (10%)	4	4	4
10	0110			Acabado cont. vientos lat.	Plana Ø6	1850 (75%)	200 (10%)	7	7	7
11	0111			Acabado cont. viendo sup.	Plana Ø6	1850 (75%)	200 (10%)	7	7	7
12	0112			Broca vientos	Broca Ø6			33+1,8	10	10
13	0113			Broca agujeros union	Broca Ø6			40+1,8	10	10
14	0114			Broca agujeros colada	Broca Ø6			15+1,8	10	10
15	0115			Broca agujero cilindro	Broca Ø6			19+1,8	10	10
16	0116			Broca varillas_40	Broca Ø8			40+2,4	10	10
17	0117			Broca varillas_8	Broca Ø8			8+2,4	10	10
18	0118	Bridas		Contorno abierto 1	Plana Ø12	1723 (70%)	1000 (50%)	41	4	4
19	0119	Bridas		Contorno abierto 2	Plana Ø12	1723 (70%)	1000 (50%)	41	4	4
20	0120	Presión + 1 Brida	Plano 2 (inf.)	Planeado inferior 1	Plana Ø12	1723 (70%)	1000 (50%)	10	5	5
21	0121	Presión + 1 Brida		Planeado inferior 2	Plana Ø12	1723 (70%)	1000 (50%)	10	5	5

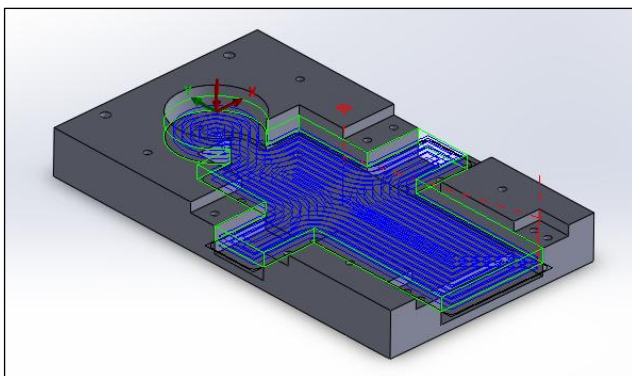
- Caminos de herramienta en las operaciones:



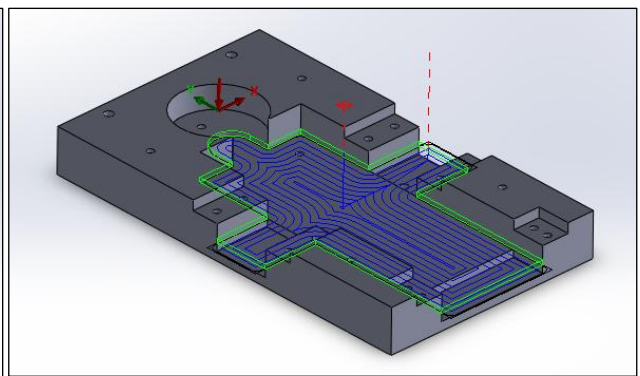
0101: Planeado superior.



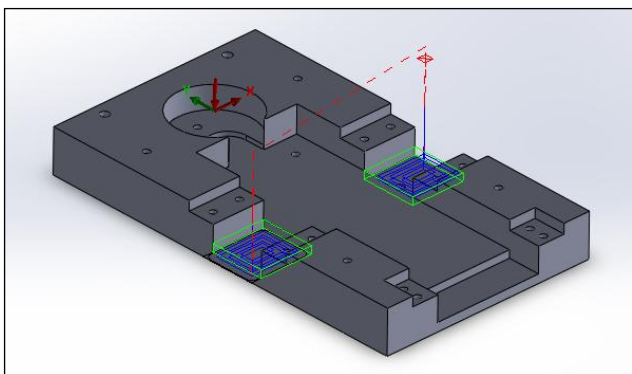
0102: Desbaste superior.



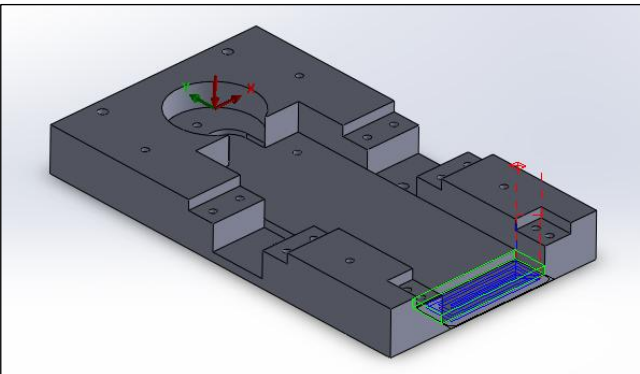
0103: Desbaste medio.



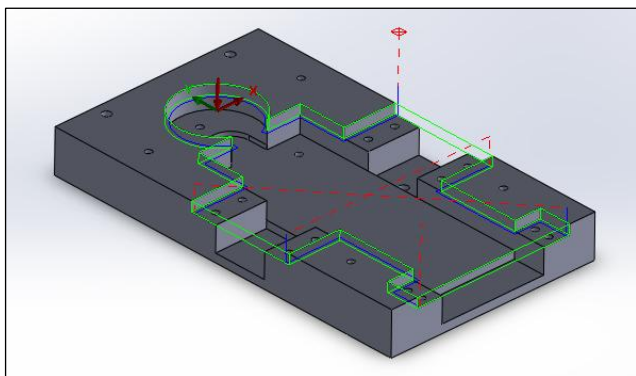
0104: Desbaste inferior.



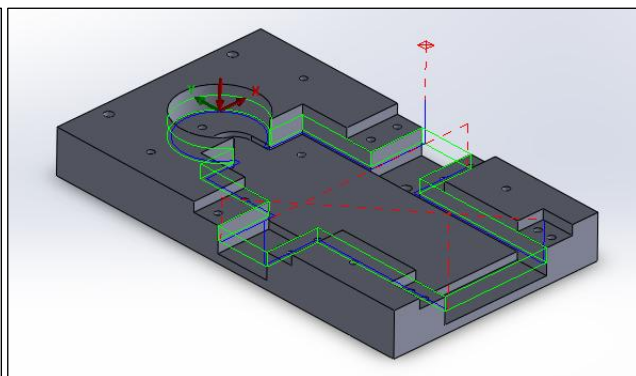
0105: Desbaste vientos laterales.



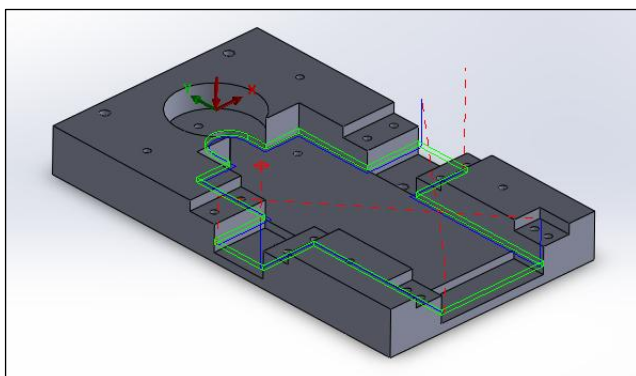
0106: Desbaste viento superior.



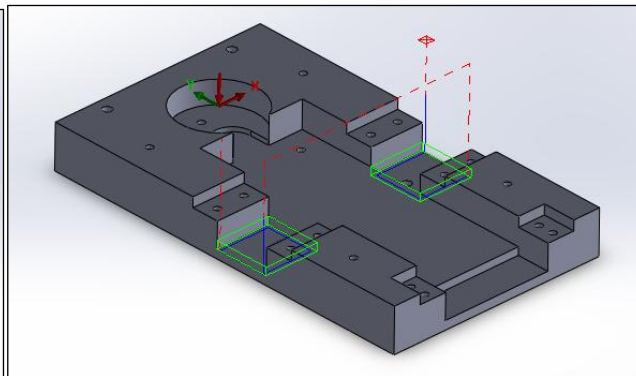
0107: Acabado contorno superior.



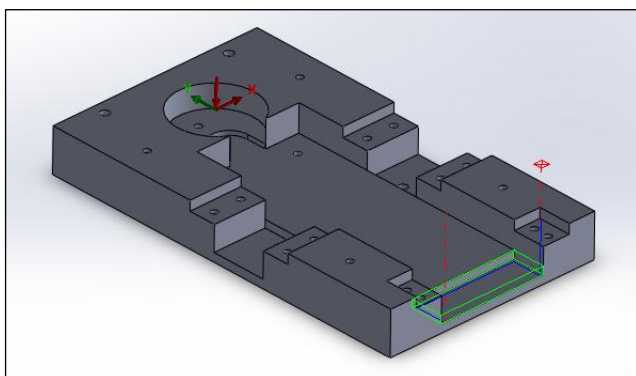
0108: Acabado contorno medio.



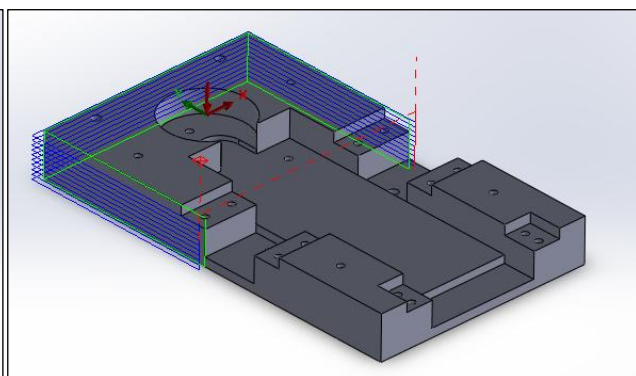
0109: Acabado contorno inferior.



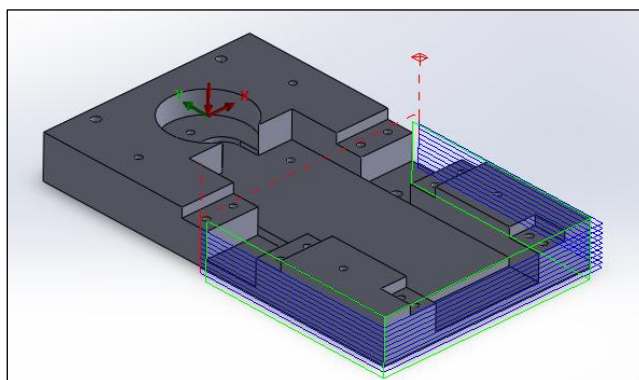
0110: Acabado contorno vientos lat.



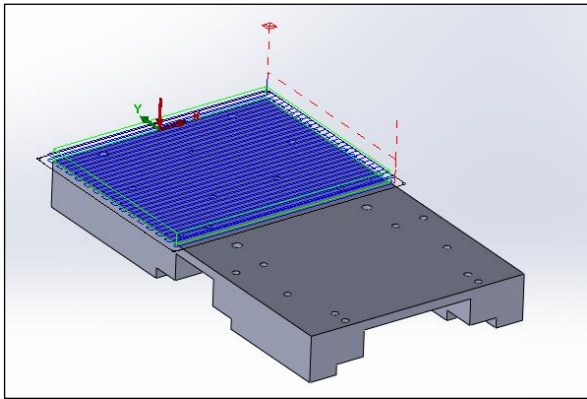
0111: Acabado contorno viento sup.



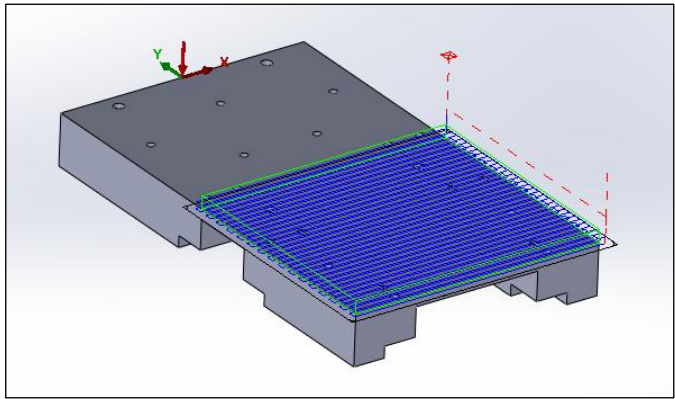
0118: Contorno abierto 1.



0119: Contorno abierto 2.



0120: Planeado inferior 1.



0121: Planeado inferior 2.

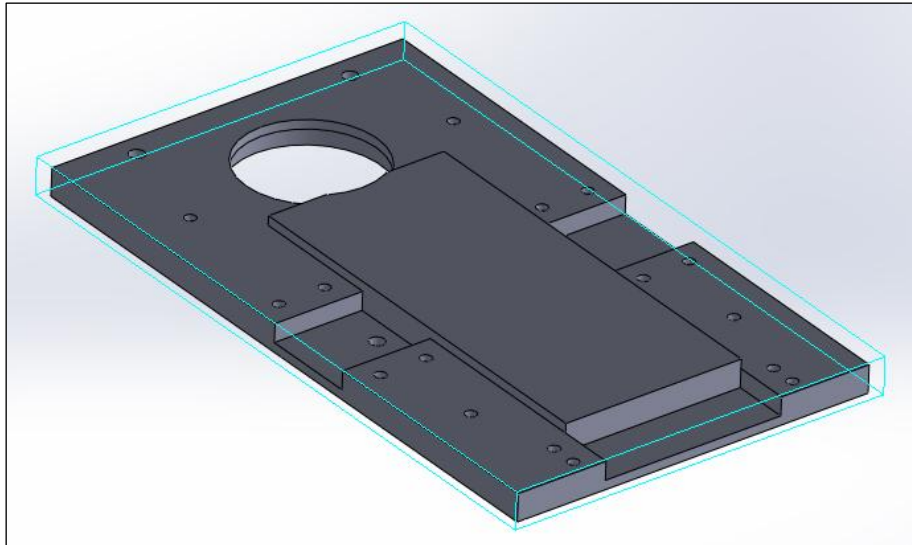
Hoja de procesos: Parte fija del molde

- **Nombre de la pieza:** “molde_fijo”.
- **Código de postprocesado:** 0200.
- **Material:** poli-metil-metacrilato.

Vol. bruto: 345x200x20 mm

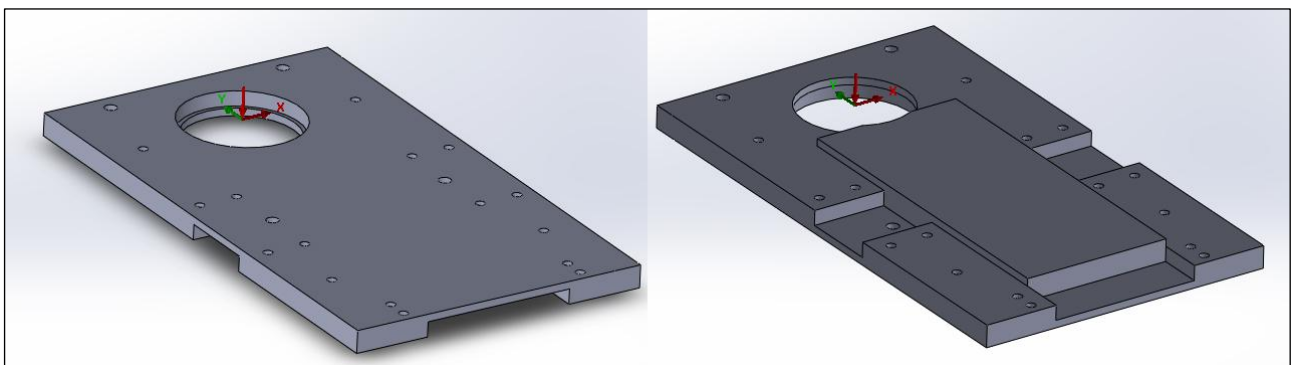
X+20, X-20 // Y+20, Y-20

Tocho: 385x240x20 mm



- **Sistemas de coordenadas:**

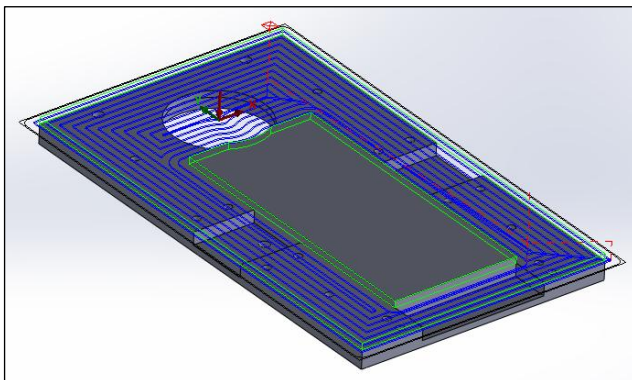
Origen Plano 1 (superior):	Centro cilindro
Origen Plano 2 (inferior):	Centro cilindro



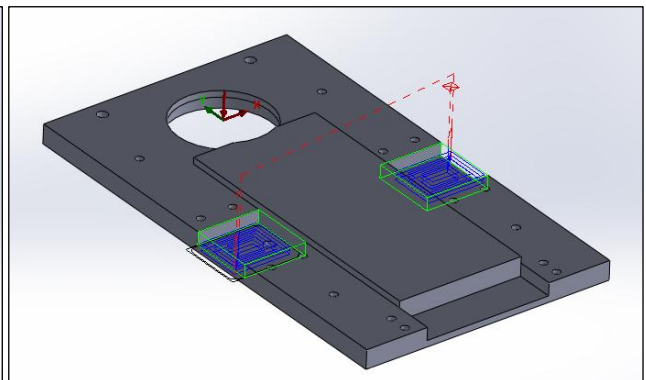
- **Tabla de operaciones:**

Secuencia	Programa CNC	Amarre	Plano de trabajo	Operación	Herramienta	Vel. giro	Avance XY	Profundidad	1ª Pasada	Máx. Pasada
#	#	Tipo / cambio				rpm	mm/min	mm	mm	mm
1	0201	Presión	Plano 1 (sup.)	Desbaste superior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	5	4	4
2	0202			Desbaste vientos lat.	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	10	4	4
3	0203			Desbaste viento sup.	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	10	4	4
4	0204			Desbaste piston	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	15	4	4
5	0205			Contorno isla	Plana Ø6	1850 (75%)	200 (10%)	5	5	5
6	0206			Acabado cont. vientos lat.	Plana Ø6	1850 (75%)	200 (10%)	10	10	10
7	0207			Acabado cont. viento sup.	Plana Ø6	1850 (75%)	200 (10%)	10	10	10
8	0208			Broca agujeros_6	Broca Ø6			15+1,8	10	10
9	0209			Broca varillas_15	Broca Ø8			15+2,4	10	10
10	0210			Broca varillas_5	Broca Ø8			5+2,4	10	10
11	0211	Bridas		Contorno abierto_1	Plana Ø12	1723 (70%)	1000 (50%)	15	4	4
12	0212	Bridas		Contorno abierto_2	Plana Ø12	1723 (70%)	1000 (50%)	15	4	4
13	0213	Bridas	Plano 2 (inf.)	Contorno piston post	Plana Ø6	1850 (75%)	200 (10%)	10	5	5

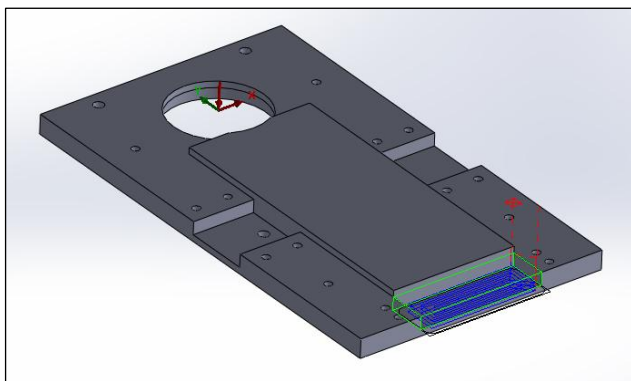
- **Camino de herramienta en las operaciones:**



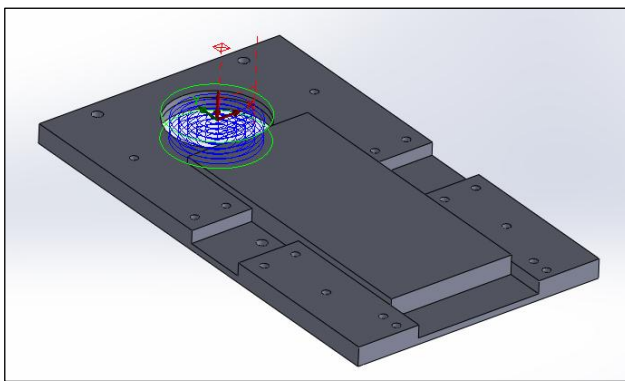
0201: Desbaste superior.



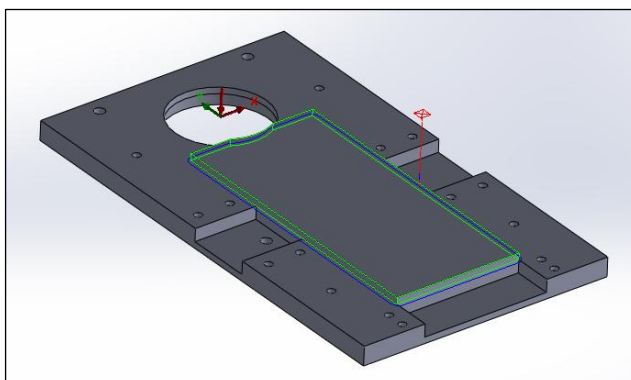
0202: Desbaste vientos lat.



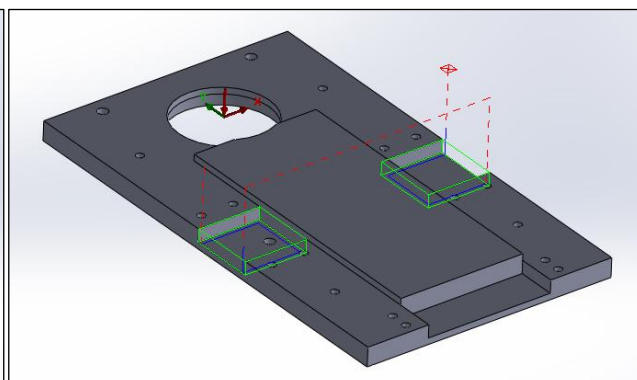
0203: Desbaste viento sup.



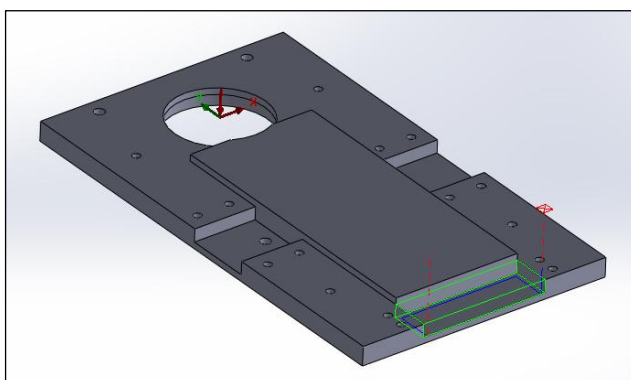
0204: Desbaste pistón.



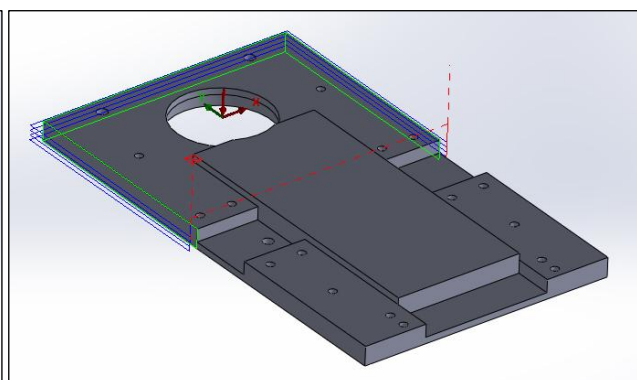
0205: Contorno isla.



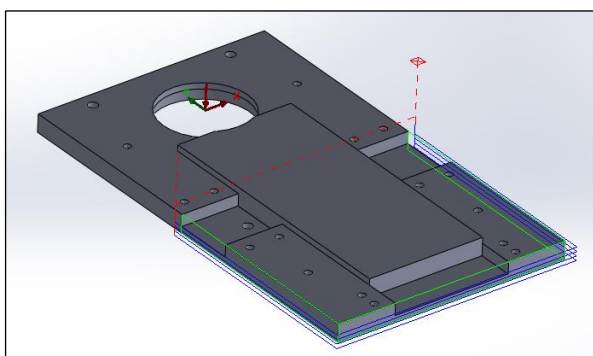
0206: Acabado contorno vientos lat.



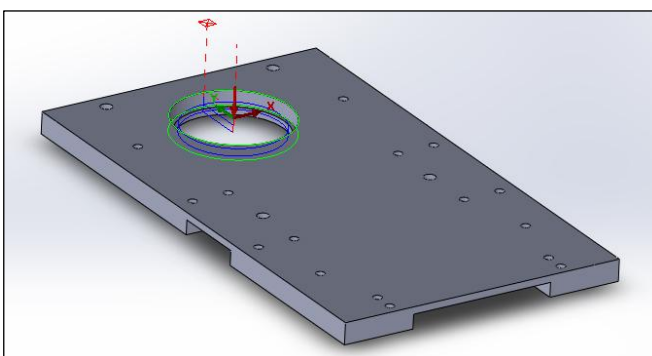
0207: Acabado contorno viento sup.



0211: Contorno abierto 1.



0212: Contorno abierto 2.



0213: Contorno pistón posterior.

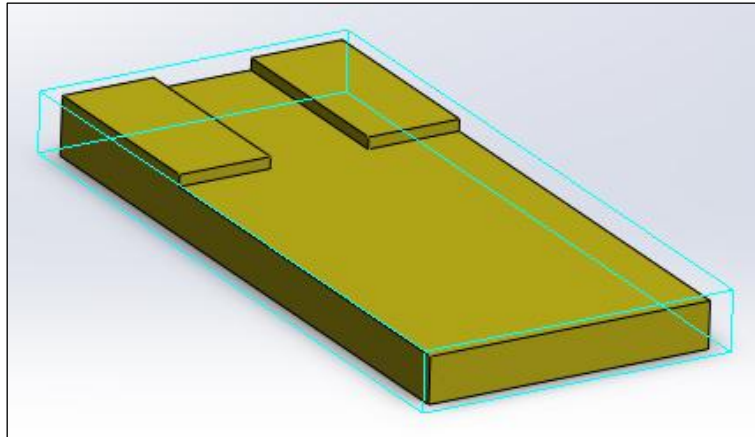
Hoja de procesos: Postizo de la pieza (4mm // recto)

- **Nombre de la pieza:** "postizo_4mm_recto".
- **Código de postprocesado:** 0300.
- **Material:** poli-metil-metacrilato.

Vol. bruto: 220x100x20 mm

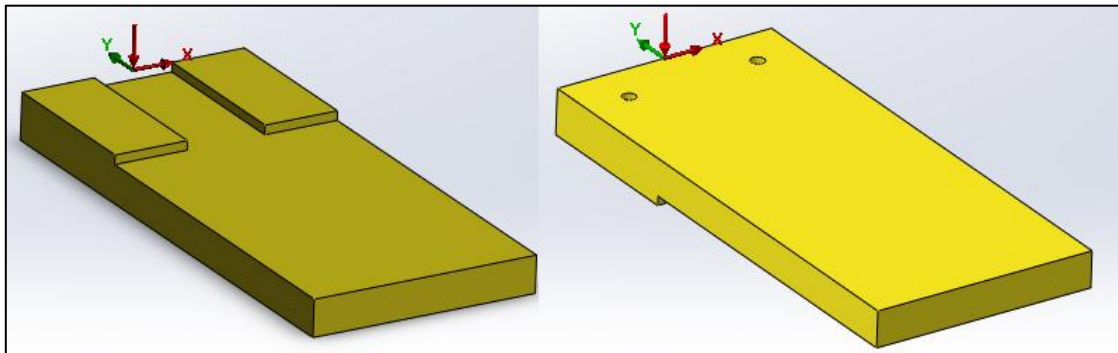
X+20, X-20 // Y+20, Y-20

Tocho: 260x140x20 mm



- **Sistemas de coordenadas:**

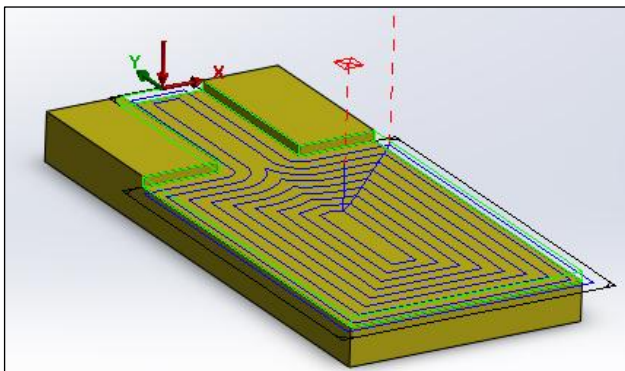
Origen Plano 1 (superior):	Pto. medio arista superior
Origen Plano 2 (inferior):	Pto. medio arista superior



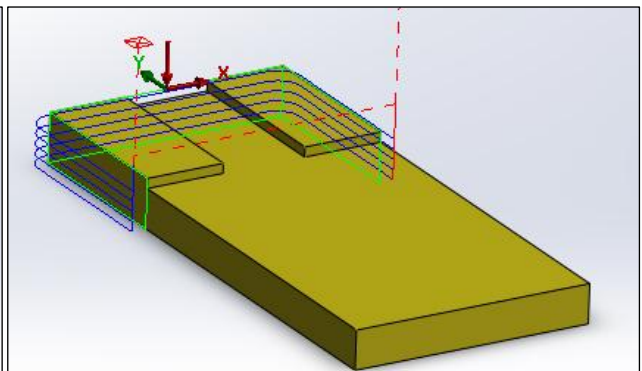
- **Tabla de operaciones:**

Secuencia	Programa CNC	Amarre	Plano de trabajo	Operación	Herramienta	Vel. giro	Avance XY	Profundidad	1ª Pasada	Máx. Pasada
#	#	Tipo / cambio				rpm	mm/min	mm	mm	mm
1	0301	Presión	Plano 1 (sup.)	Desbaste	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	4	4	4
2	0302	Pinzas en mitad der.		Contorno abierto 1	Plana Ø12	1723 (70%)	1000 (50%)	20	4	4
3	0303	Pinzas en mitad izq.		Contorno abierto 2	Plana Ø12	1723 (70%)	1000 (50%)	16	4	4
4	0304	Presión	Plano 2 (inf.)	Broca agujeros	Broca Ø6			10+1,8	8	8

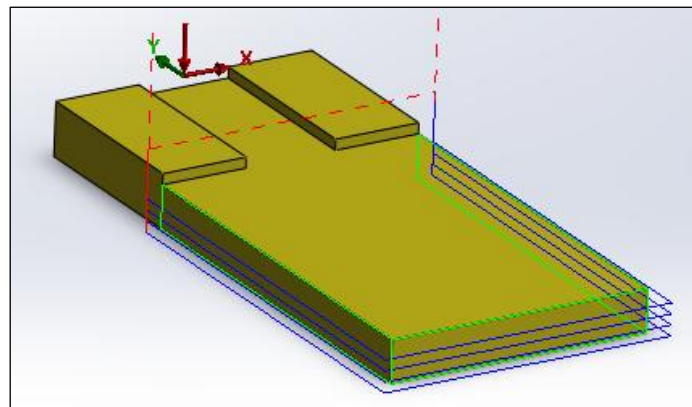
- **Caminos de herramienta en las operaciones:**



0301: Desbaste.



0302: Contorno abierto 1.



0303: Contorno abierto 2.

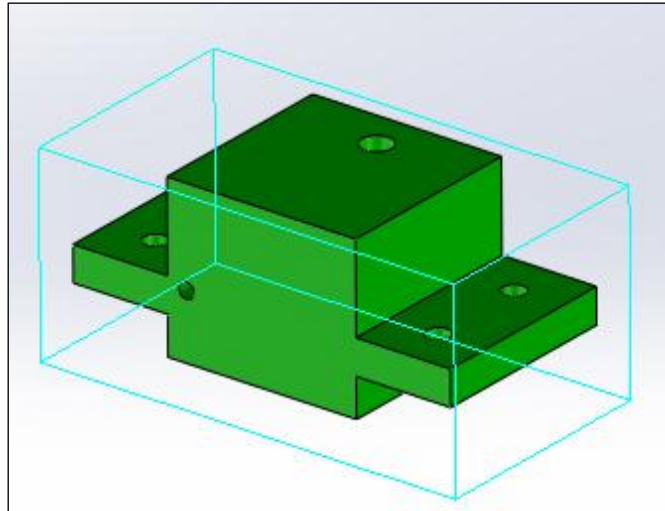
Hoja de procesos: Vientos laterales

- **Nombre de la pieza:** "viento_lat".
- **Código de postprocesado:** 0400.
- **Material:** poli-metil-metacrilato.

Vol. bruto: 100x50x42

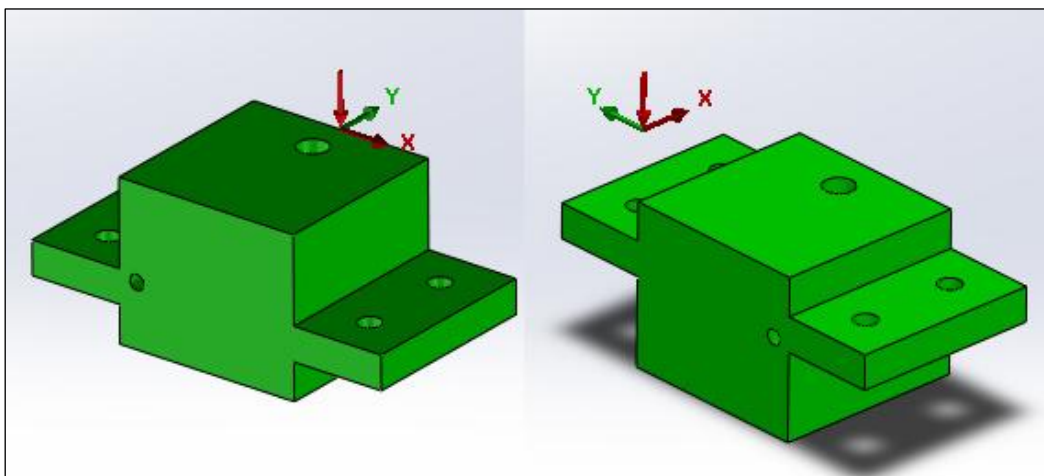
X+15, X-15 // Y+15, Y-15 // Z-8

Tocho: 130x80x50 mm



- **Sistemas de coordenadas:**

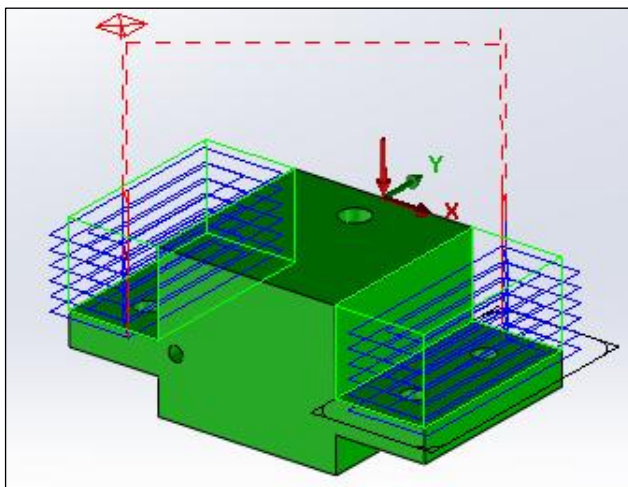
Origen Plano 1 (superior):	Pto. Medio arista lateral
Origen Plano 2 (inferior):	Pto. Medio arista frontal



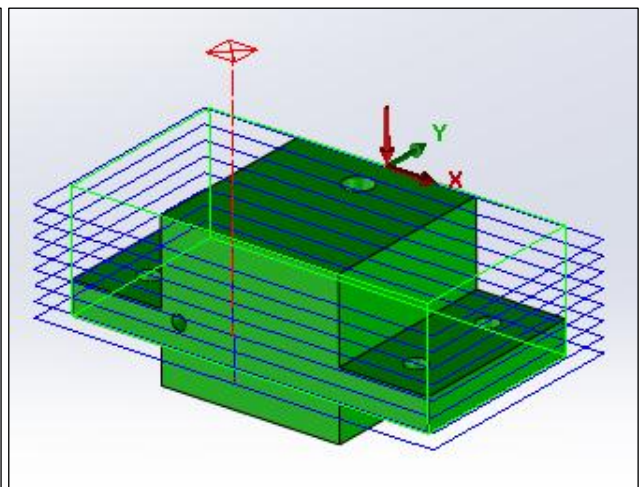
- **Tabla de operaciones:**

Secuencia	Programa CNC	Amarre	Plano de trabajo	Operación	Herramienta	Vel. giro	Avance XY	Profundidad	1ª Pasada	Máx. Pasada
#	#	Tipo / cambio				<i>rpm</i>	<i>mm/min</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
1	0401	Presión	Plano 1 (sup.)	Desbaste superior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	23	4	4
2	0402			Contorneado superior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	32	4	4
3	0403			Acabado esquinas sup	Plana Ø12	1723 (70%)	200 (10%)	7	7	7
4	0404			Broca tornillos	Broca Ø6			9+1,8	10	10
5	0405	Mordaza	Plano 2 (inf.)	Planeado inferior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	8	4	4
6	0406			Desbaste inferior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	10	4	4
7	0407			Acabado esquinas inf	Plana Ø12	1723 (70%)	200 (10%)	10	10	10

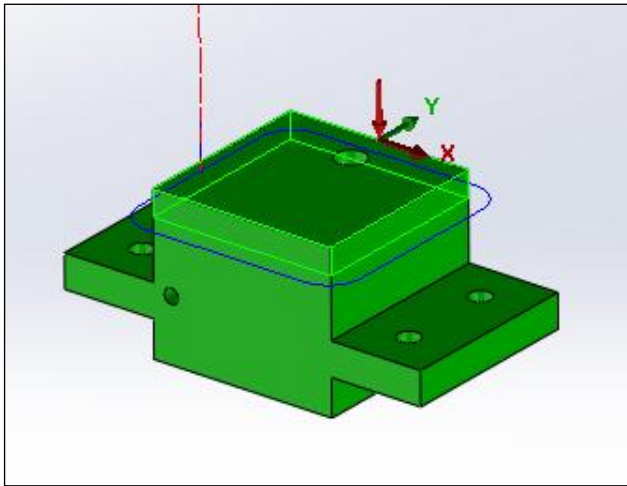
- **Camino de herramienta en las operaciones:**



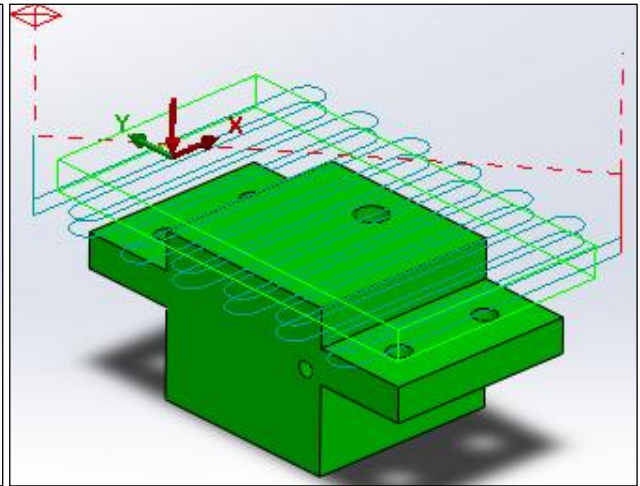
0401: Desbaste superior.



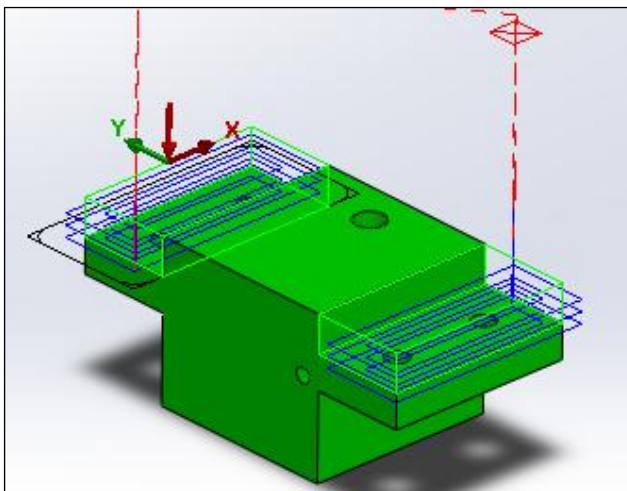
0402: Contorneado superior.



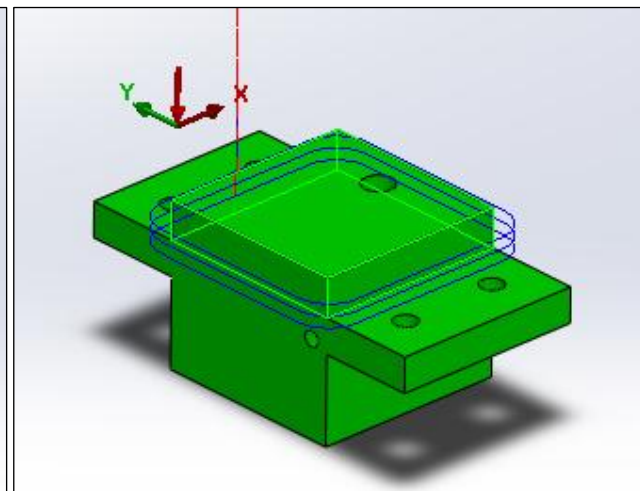
0403: Acabado esquinas sup.



0405: Planeado inferior.



0406: Desbaste inferior.



0407: Acabado esquinas inf.

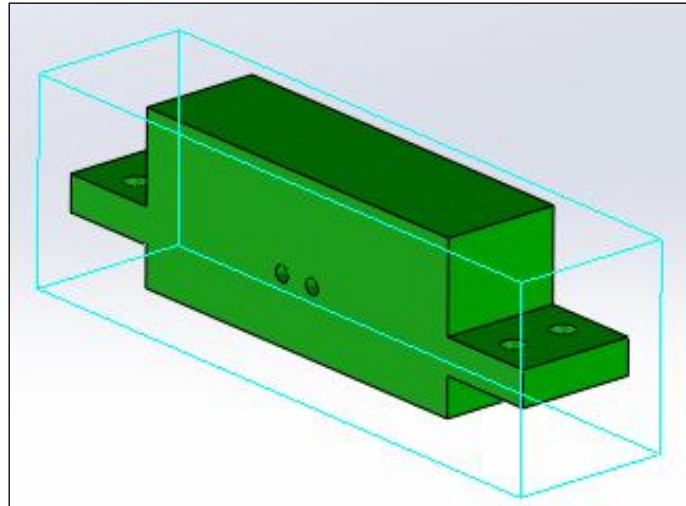
Hoja de procesos: Viento superior

- **Nombre de la pieza:** "viento_sup".
- **Código de postprocesado:** 0500.
- **Material:** poli-metil-metacrilato.

Vol. bruto: 150x50x42

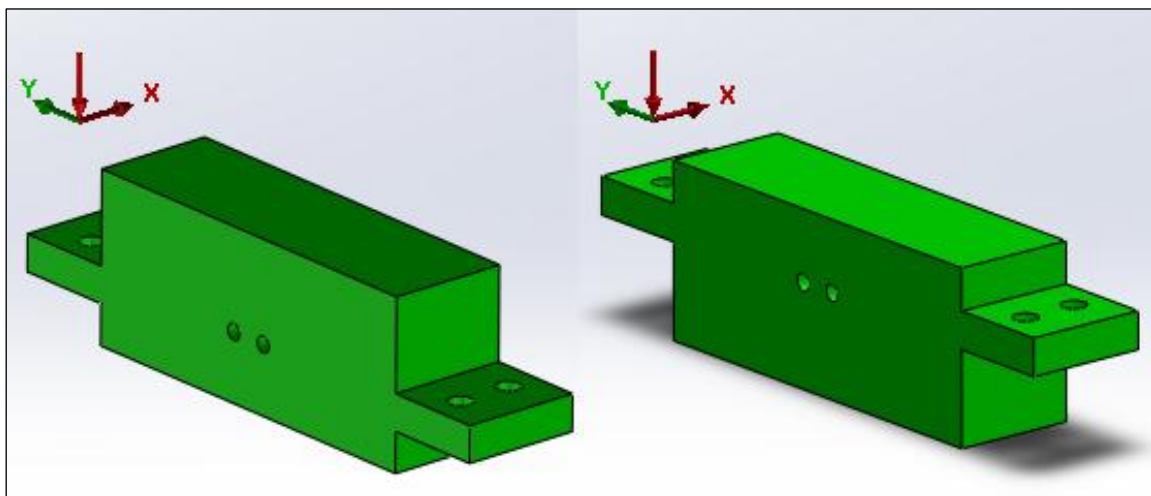
X+15, X-15 // Y+15, Y-15 // Z-8

Tocho: 180x80x50 mm



- **Sistemas de coordenadas:**

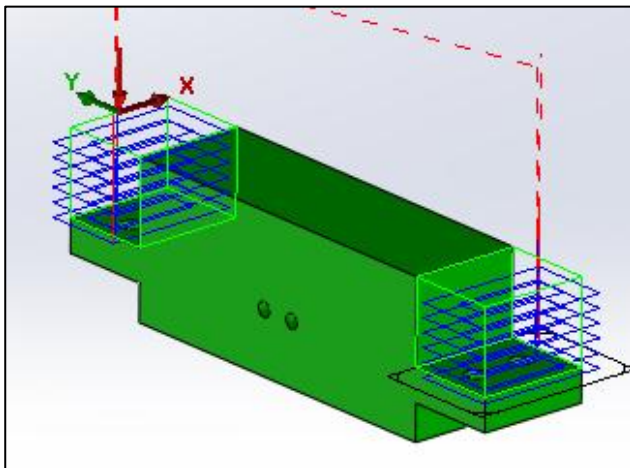
Origen Plano 1 (superior):	Pto. Medio arista lateral
Origen Plano 2 (inferior):	Pto. Medio arista lateral



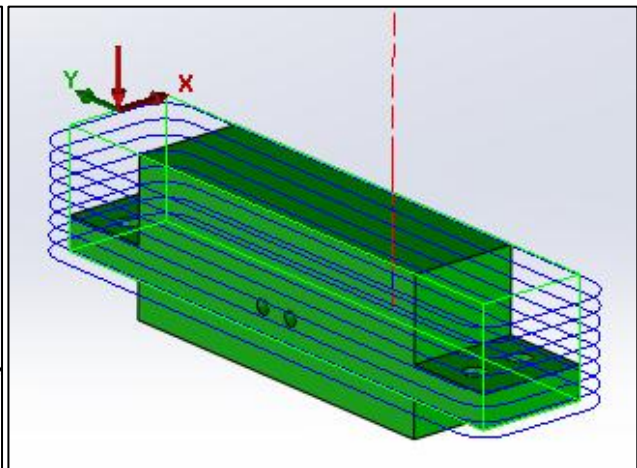
- **Tabla de operaciones:**

Secuencia	Programa CNC	Amarre	Plano de trabajo	Operación	Herramienta	Vel. giro	Avance XY	Profundidad	1ª Pasada	Máx. Pasada
#	#	Tipo / cambio				<i>rpm</i>	<i>mm/min</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
1	0501	Presión	Plano 1 (sup.)	Desbaste superior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	23	4	4
2	0502			Contorneado superior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	32	4	4
3	0503			Acabado esquinas sup	Plana Ø12			7	7	7
4	0504			Broca tornillos	Broca Ø6			9+1,8	10	10
5	0505	Mordaza	Plano 2 (inf.)	Planeado inferior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	8	4	4
6	0506			Desbaste inferior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	10	4	4
7	0507			Acabado esquinas inf	Plana Ø12			10	10	10

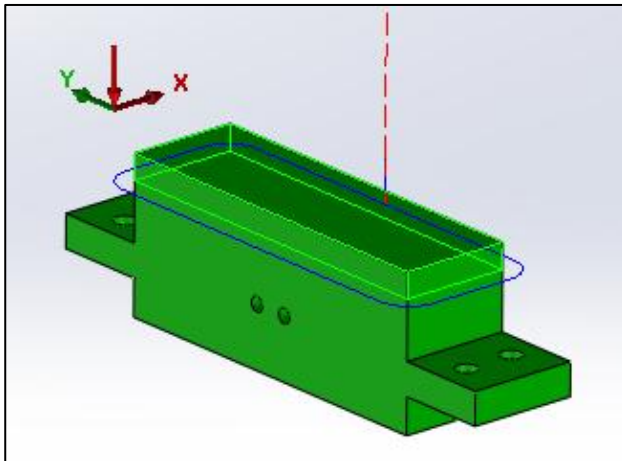
- **Camino de herramienta en las operaciones:**



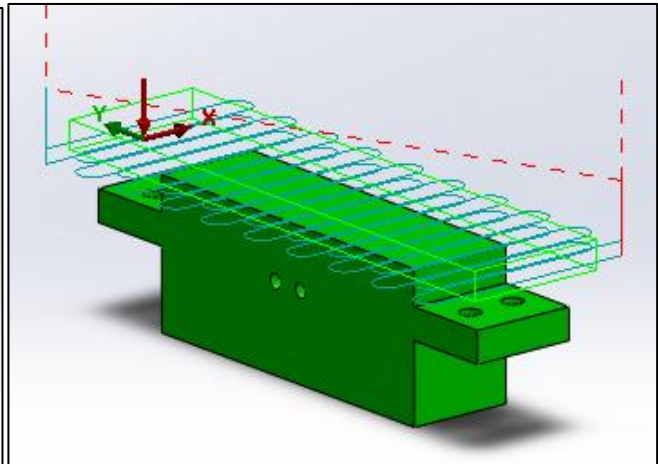
0501: Desbaste superior.



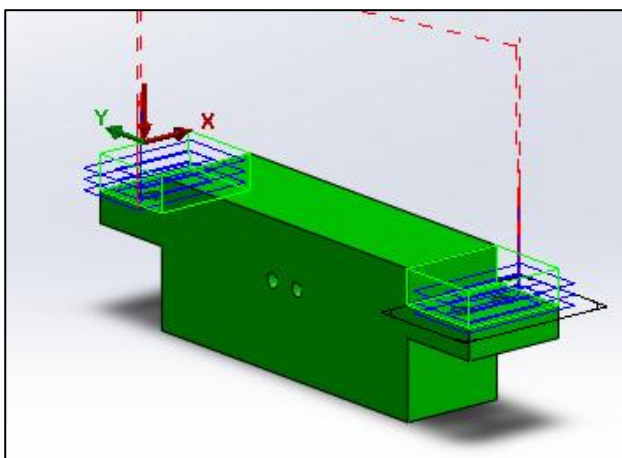
0502: Contorneado superior.



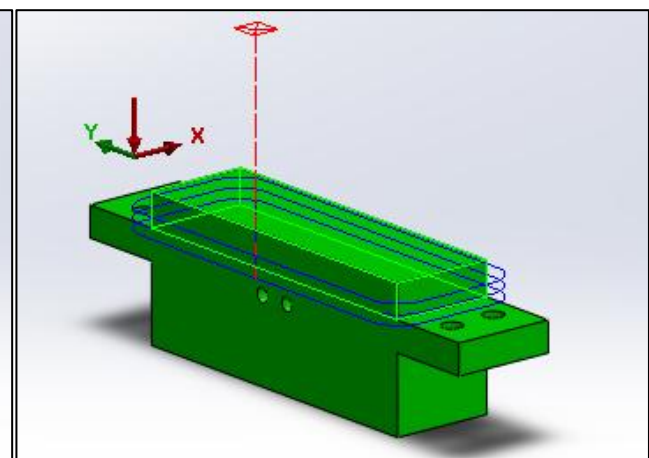
0503: Acabado esquinas sup.



0505: Planeado inferior.



0506: Desbaste inferior.



0507: Acabado esquinas inf.

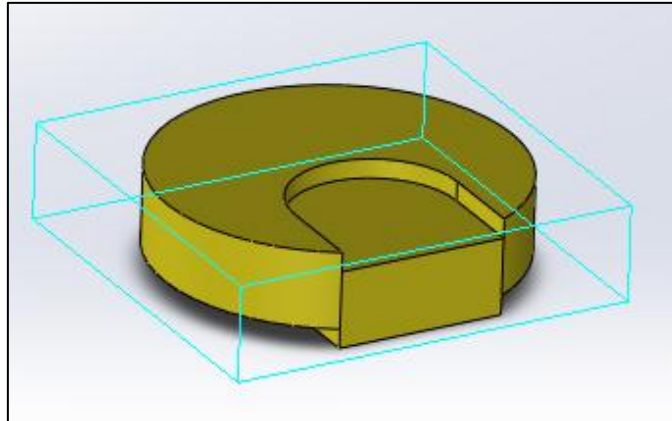
Hoja de procesos: Postizo de llenado (cilindro)

- **Nombre de la pieza:** "postizo_cilindro".
- **Código de postprocesado:** 0600.
- **Material:** poli-metil-metacrilato.

Vol. bruto: 150x50x42

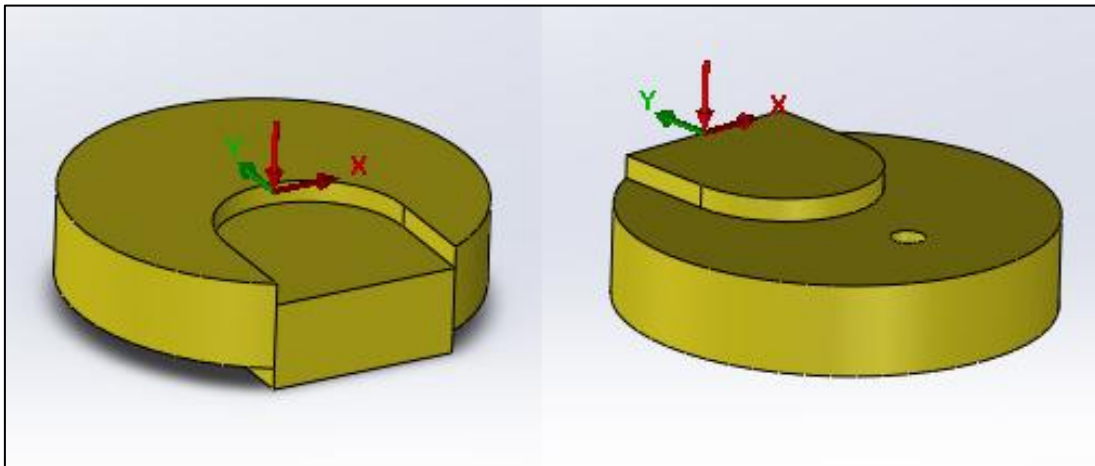
X+15, X-15 // Y+15, Y-15 // Z-8

Tocho: 180x80x50 mm



- **Sistemas de coordenadas:**

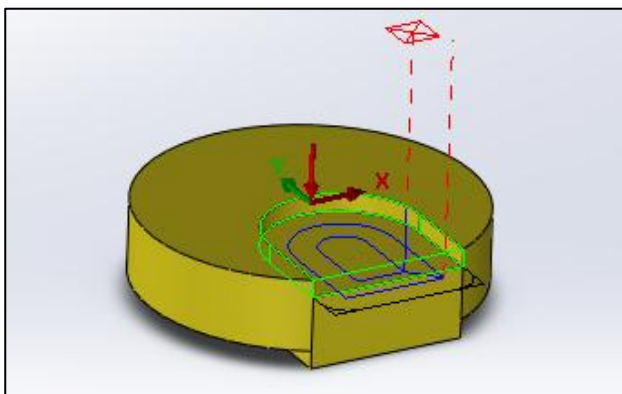
Origen Plano 1 (superior):	Centro cilindro
Origen Plano 2 (inferior):	Pto. Medio arista



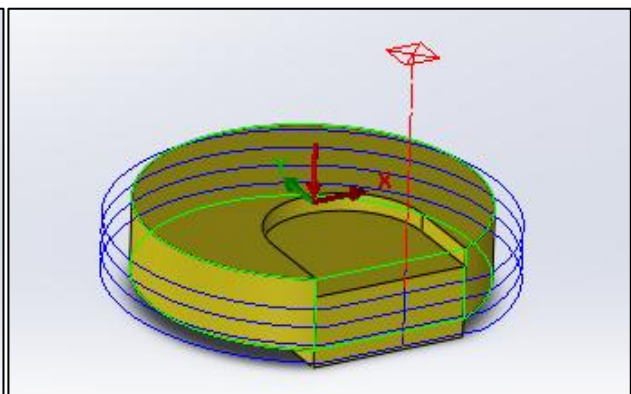
- **Tabla de operaciones:**

Secuencia	Programa CNC	Amarre	Plano de trabajo	Operación	Herramienta	Vel. giro	Avance XY	Profundidad	1ª Pasada	Máx. Pasada
#	#	Tipo / cambio				<i>rpm</i>	<i>mm/min</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
1	0601	Presión	Plano 1 (sup.)	Desbaste superior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	4	4	4
2	0602			Contorno superior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	16	4	4
3	0603			Contorno abierto arista	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	16	4	4
4	0604	Mordaza	Plano 2 (inf.)	Desbaste inferior	Plana Ø12	1723 (70%)	800 (40%)	4	4	4
5	0605			Broca	Broca Ø6			10+1,8	10	10

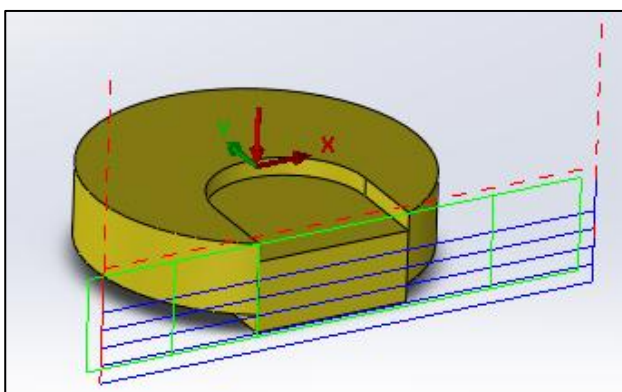
- **Caminos de herramienta en las operaciones:**



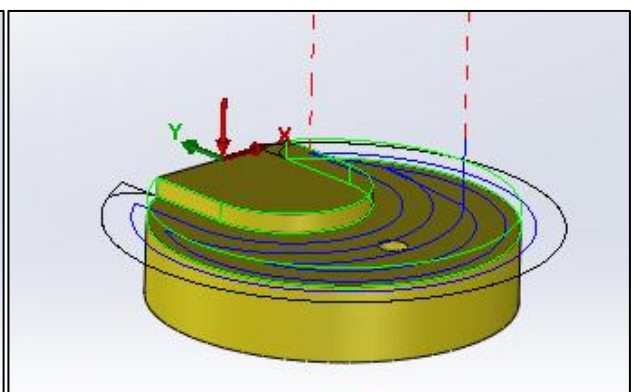
0601: Desbaste superior.



0602: Contorneado superior.



0603: Contorno abierto de arista.



0604: Desbaste inferior.

My Company Name

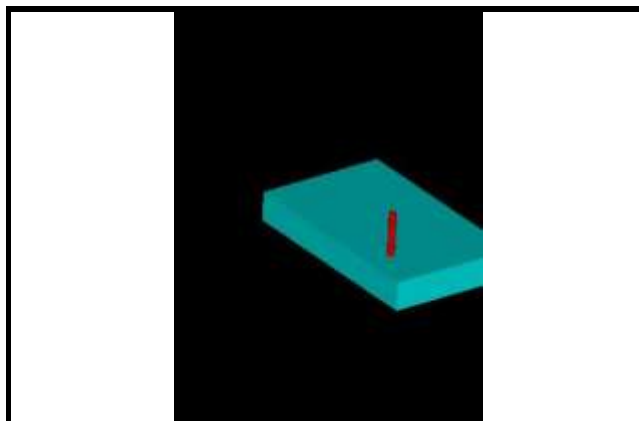
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:16
Material	1005
Stock Size	365,00, 220,00, 50,00
Setup Origin	47,14, 100,00, 40,00
Setup Name	Grupo1

Part File	molde_movil.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	49,46

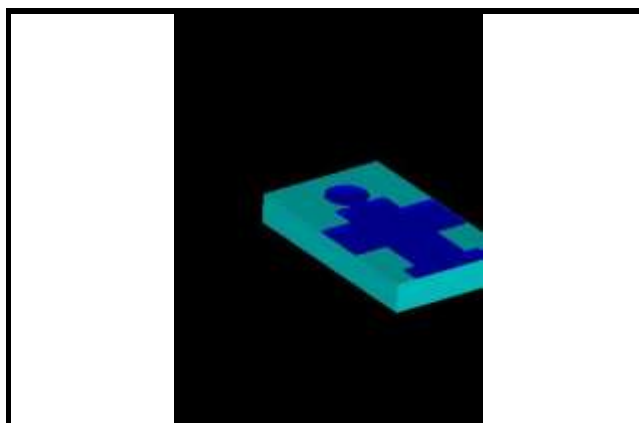
Tool#	46
Operation	Planeado sup
Tool Description	12 MM 2 FLUTE CA
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	2,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	10.981,46
Time	5,52

	Minimum	Maximum
X :	-122	121,32100267
Y :	-288,057237	67,342763009
Z :	0	50



Tool#	46
Operation	Desbaste superior
Tool Description	12 MM 2 FLUTE CA
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	9,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	24.700,99
Time	12,27

	Minimum	Maximum
X :	-102,75	102,75
Y :	-285,607237	30,212710208
Z :	-9	50,000000000



My Company Name

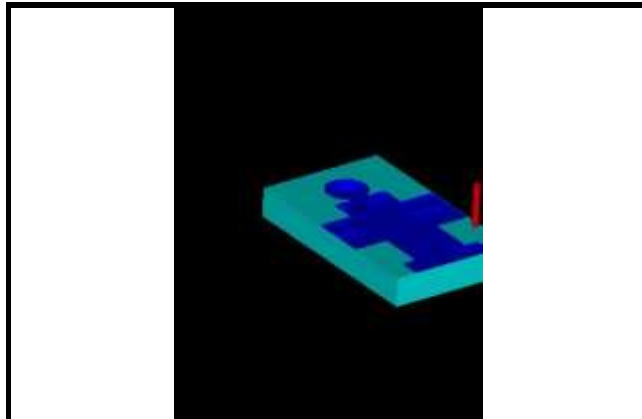
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:16
Material	1005
Stock Size	365,00, 220,00, 50,00
Setup Origin	47,14, 100,00, 40,00
Setup Name	Grupo1

Part File	molde_movil.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	49,46

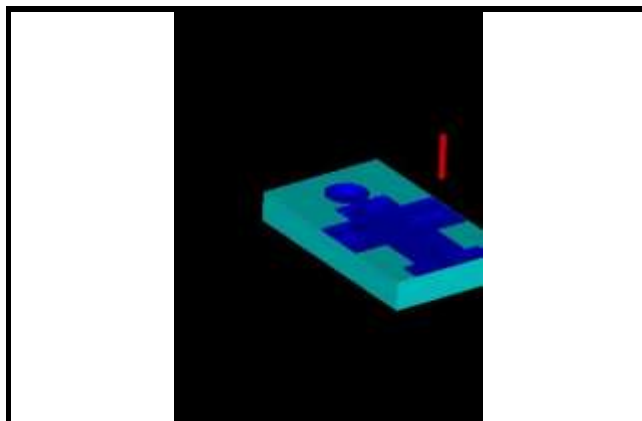
Tool#	46
Operation	Desbaste medio
Tool Description	12 MM 2 FLUTE CA
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	12,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	20.434,39
Time	10,16

	Minimum	Maximum
X :	-102,75	102,75
Y :	-285,607237	30,225945124
Z :	-21	50,000000000



Tool#	46
Operation	Desbaste inferior
Tool Description	12 MM 2 FLUTE CA
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	4,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	6.062,62
Time	3,10

	Minimum	Maximum
X :	-102,75	102,75
Y :	-285,607237	-4,011892939
Z :	-25	50,000000000



My Company Name

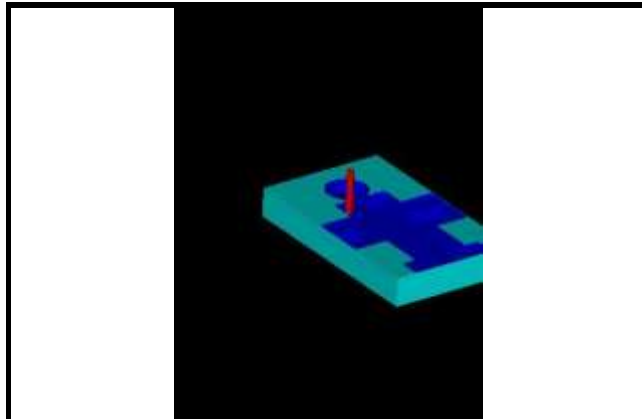
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:16
Material	1005
Stock Size	365,00, 220,00, 50,00
Setup Origin	47,14, 100,00, 40,00
Setup Name	Grupo1

Part File	molde_movil.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	49,46

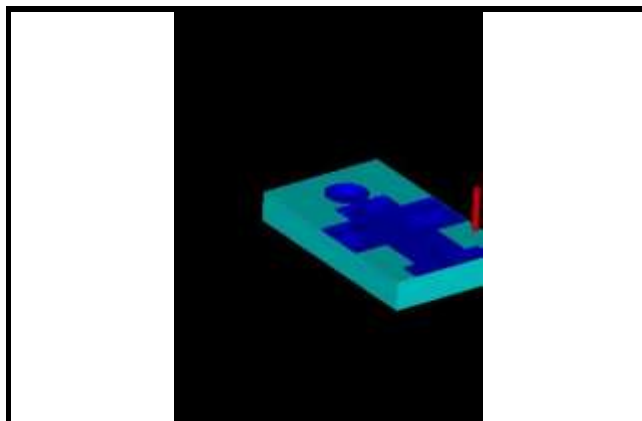
Tool#	46
Operation	Desbaste vientos lat
Tool Description	12 MM 2 FLUTE CA
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	7,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	2.820,81
Time	1,49

	Minimum	Maximum
X :	-102,75	102,75
Y :	-145,857237	-109,857237
Z :	-32	50,000000000



Tool#	46
Operation	Desbaste viento sup
Tool Description	12 MM 2 FLUTE CA
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	7,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	1.792,91
Time	0,98

	Minimum	Maximum
X :	-43	43
Y :	-285,607237	-259,857237
Z :	-32	50,000000000



My Company Name

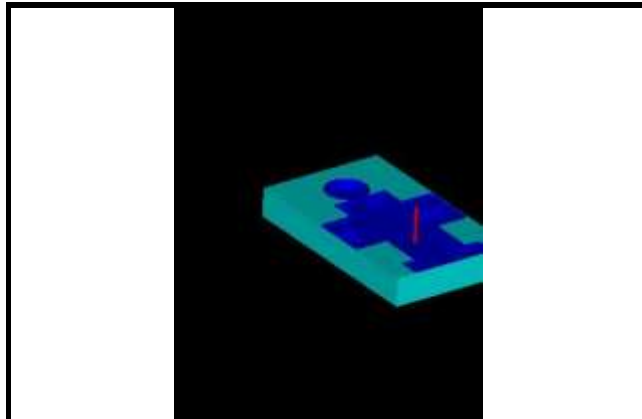
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:16
Material	1005
Stock Size	365,00, 220,00, 50,00
Setup Origin	47,14, 100,00, 40,00
Setup Name	Grupo1

Part File	molde_movil.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	49,46

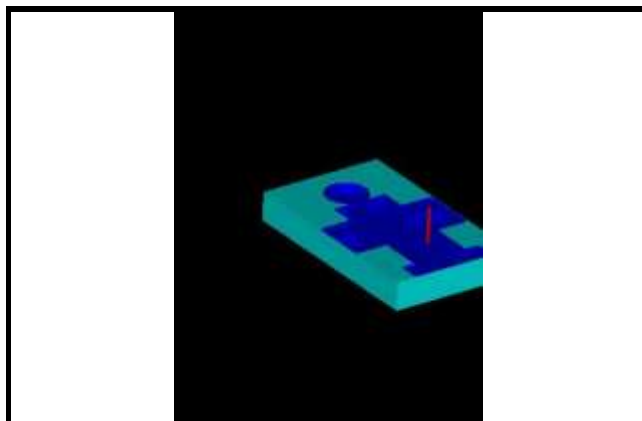
Tool#	8
Operation	Acabado contorno sup
Tool Description	6 MM 2 FLUTE CAR
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	9,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	1.468,58
Time	0,61

	Minimum	Maximum
X :	-100	100
Y :	-282,857237	34,212719370
Z :	-9	50,000000000



Tool#	8
Operation	Acabado contorno me
Tool Description	6 MM 2 FLUTE CAR
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	12,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	1.555,41
Time	0,78

	Minimum	Maximum
X :	-100	100
Y :	-282,857237	34,225956365
Z :	-21	50,000000000



My Company Name

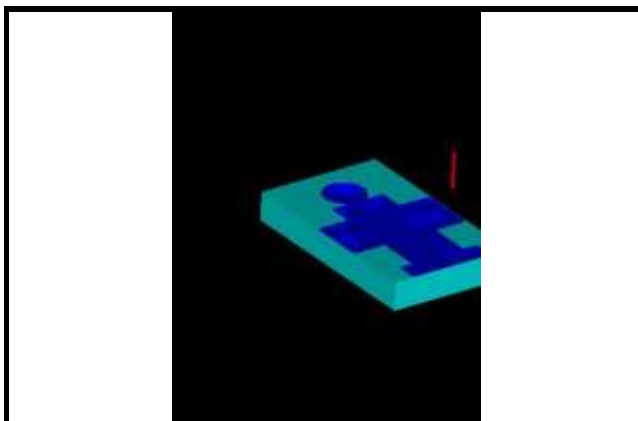
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:16
Material	1005
Stock Size	365,00, 220,00, 50,00
Setup Origin	47,14, 100,00, 40,00
Setup Name	Grupo1

Part File	molde_movil.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	49,46

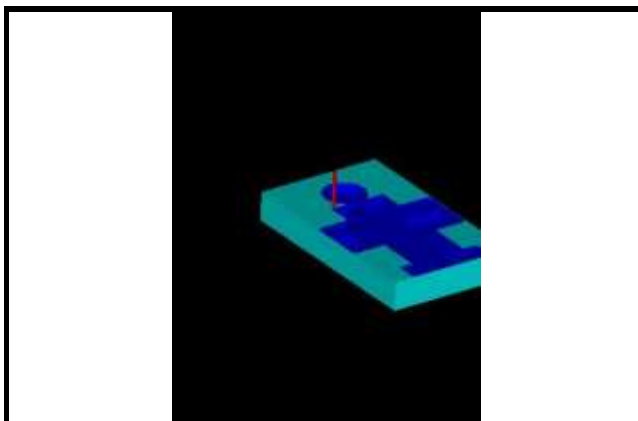
Tool#	8
Operation	Acabado contorno inf
Tool Description	6 MM 2 FLUTE CAR
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	4,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	1.501,43
Time	0,77

	Minimum	Maximum
X :	-100	100
Y :	-282,857237	0
Z :	-25	50,000000000



Tool#	8
Operation	Acabado contorno vie
Tool Description	6 MM 2 FLUTE CAR
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	7,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	804,00
Time	0,45

	Minimum	Maximum
X :	-100	100
Y :	-149,857237	-105,857237
Z :	-32	50,000000000



My Company Name

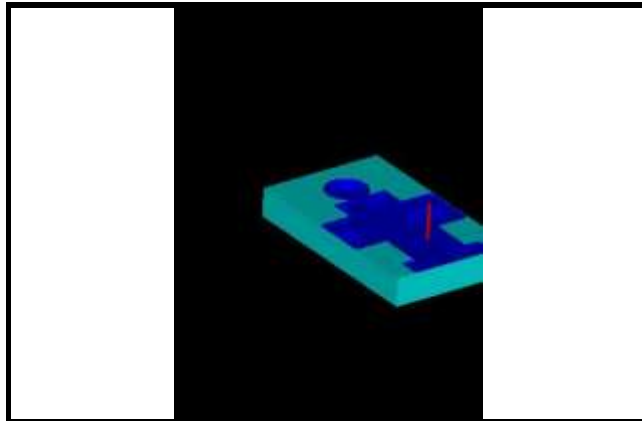
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:16
Material	1005
Stock Size	365,00, 220,00, 50,00
Setup Origin	47,14, 100,00, 40,00
Setup Name	Grupo1

Part File	molde_movil.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	49,46

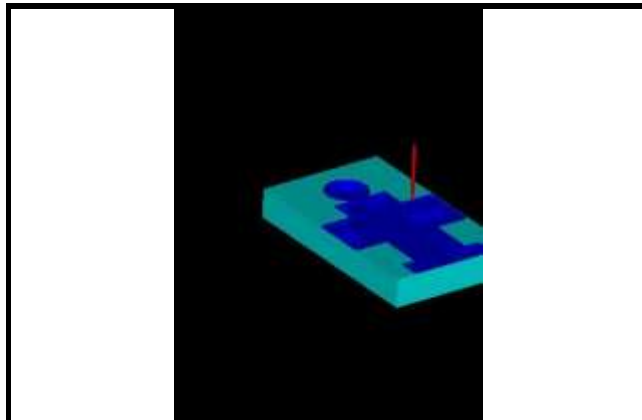
Tool#	8
Operation	Acabado contorno vie
Tool Description	6 MM 2 FLUTE CAR
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	7,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	312,00
Time	0,23

	Minimum	Maximum
X :	-47	47
Y :	-282,857237	-255,857237
Z :	-32	50,000000000



Tool#	42
Operation	Broca vientos
Tool Description	6.0MM JOBBER DRI
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	N.A.
Mach Depth	34,80
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	1.684,57
Time	2,20

	Minimum	Maximum
X :	-88	88
Y :	-274,857237	-90,35723699
Z :	-43,80097	5,0000000000



My Company Name

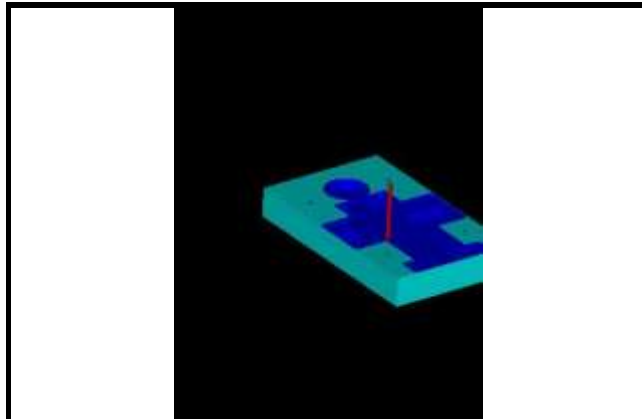
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:16
Material	1005
Stock Size	365,00, 220,00, 50,00
Setup Origin	47,14, 100,00, 40,00
Setup Name	Grupo1

Part File	molde_movil.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	49,46

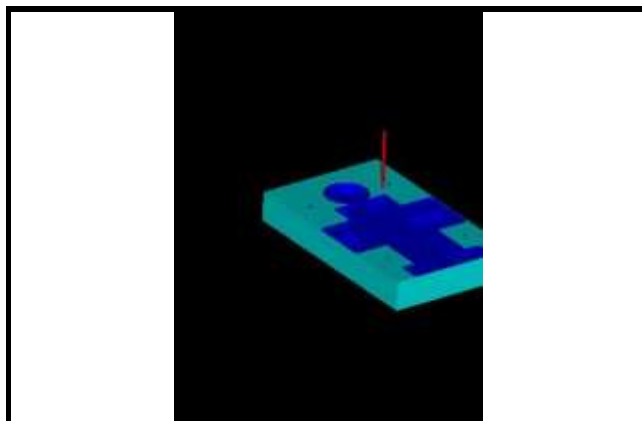
Tool#	42
Operation	Broca agujeros union
Tool Description	6.0MM JOBBER DRI
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	N.A.
Mach Depth	41,80
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	1,252,73
Time	1,16

	Minimum	Maximum
X :	-75	75
Y :	-215,357237	-7,857236991
Z :	-41,80097	25,000000000



Tool#	42
Operation	Broca agujeros colada
Tool Description	6.0MM JOBBER DRI
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	N.A.
Mach Depth	16,80
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	310,45
Time	0,38

	Minimum	Maximum
X :	-30	30
Y :	-52,85723699	-52,85723699
Z :	-41,80097	25,000000000



My Company Name

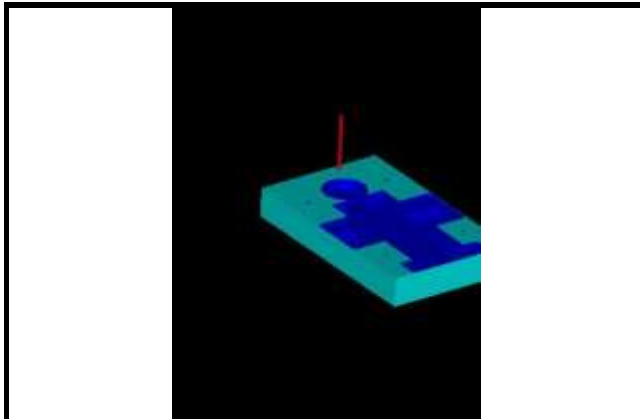
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:16
Material	1005
Stock Size	365,00, 220,00, 50,00
Setup Origin	47,14, 100,00, 40,00
Setup Name	Grupo1

Part File	molde_movil.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	49,46

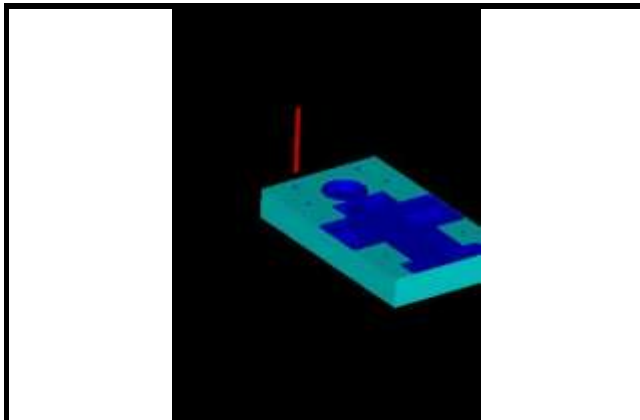
Tool#	42
Operation	Broca agujero cilindro
Tool Description	6.0MM JOBBER DRI
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	N.A.
Mach Depth	20,80
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	133,60
Time	0,19

	Minimum	Maximum
X :	0	0
Y :	17,225	17,225
Z :	-41,80097	25,000000000



Tool#	43
Operation	Broca varillas 40
Tool Description	8MM JOBBER DRIL
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	N.A.
Mach Depth	42,40
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	642,46
Time	0,78

	Minimum	Maximum
X :	-60,816	60,798
Y :	50,002	50,018
Z :	-42,40129	25,000000000



My Company Name

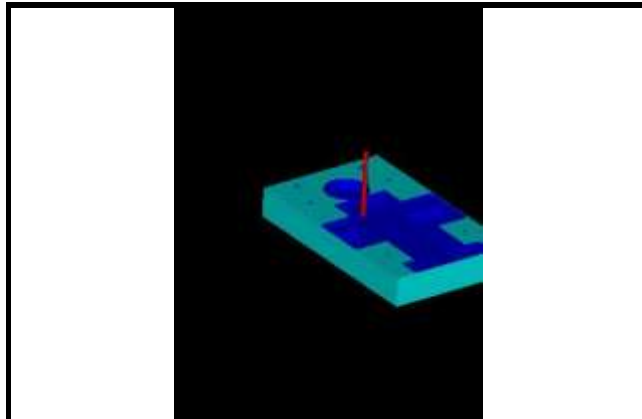
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:16
Material	1005
Stock Size	365,00, 220,00, 50,00
Setup Origin	47,14, 100,00, 40,00
Setup Name	Grupo1

Part File	molde_movil.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	49,46

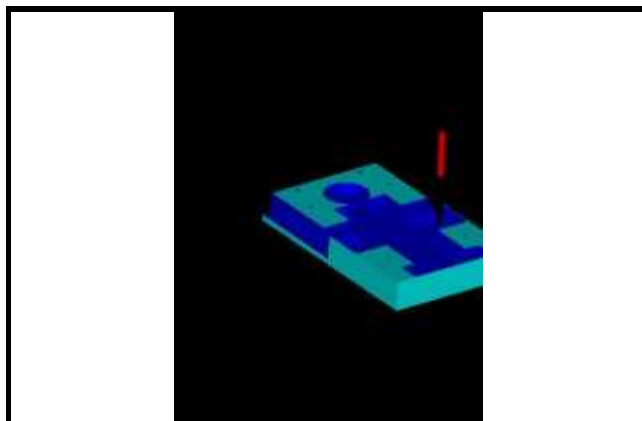
Tool#	43
Operation	Broca varillas 8
Tool Description	8MM JOBBER DRIL
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	N.A.
Mach Depth	10,40
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	642,59
Time	0,78

	Minimum	Maximum
X :	-60,844	60,905
Y :	-128,286	-128,193
Z :	-42,40129	25,000000000



Tool#	46
Operation	Contorno abierto 1
Tool Description	12 MM 2 FLUTE CA
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	40,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	8,078,00
Time	3,23

	Minimum	Maximum
X :	-106	106
Y :	-102,857237	68,142763009
Z :	-40	50,000000000



My Company Name

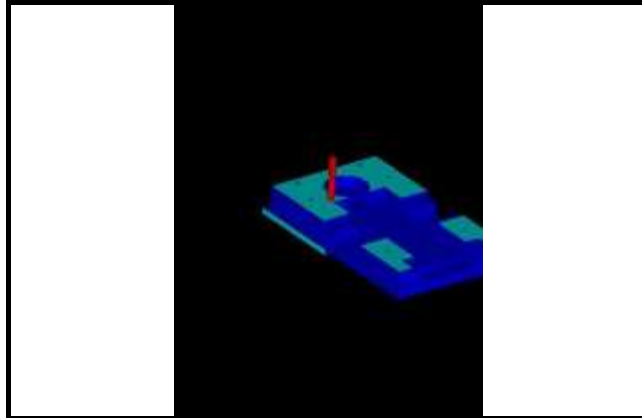
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:16
Material	1005
Stock Size	365,00, 220,00, 50,00
Setup Origin	47,14, 100,00, 40,00
Setup Name	Grupo1

Part File	molde_movil.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	49,46

Tool#	46
Operation	Contorno abierto 2
Tool Description	12 MM 2 FLUTE CA
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	50,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	11.058,00
Time	4,39

	Minimum	Maximum
X :	-106	106
Y :	-288,857237	-102,857237
Z :	-50	50,000000000



My Company Name

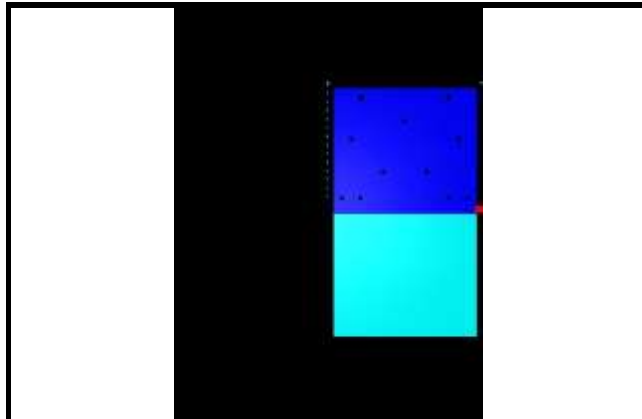
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:16
Material	1005
Stock Size	
Setup Origin	-15,00, 100,00, ,00
Setup Name	Grupo3

Part File	molde_movil.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	2 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	13,39

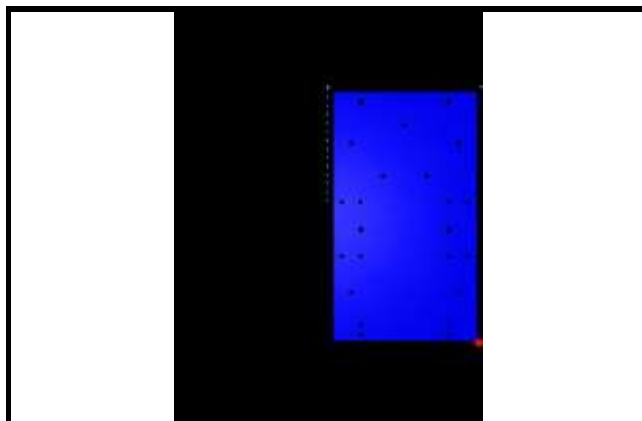
Tool#	12
Operation	Planeado inf1
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	10,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	13.023,00
Time	6,48

	Minimum	Maximum
X :	-103	103
Y :	-168	3
Z :	-7,4607E-13	60



Tool#	12
Operation	Planeado inf2
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	10,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	13.892,00
Time	6,91

	Minimum	Maximum
X :	-103	103
Y :	-348	-162
Z :	-7,4607E-13	60



My Company Name

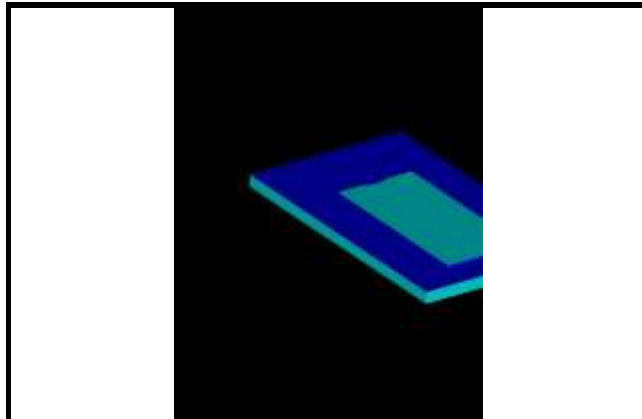
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:24
Material	1005
Stock Size	355,00, 210,00, 20,00
Setup Origin	47,14, 100,00, 15,00
Setup Name	Grupo1

Part File	molde_fijo.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	21,33

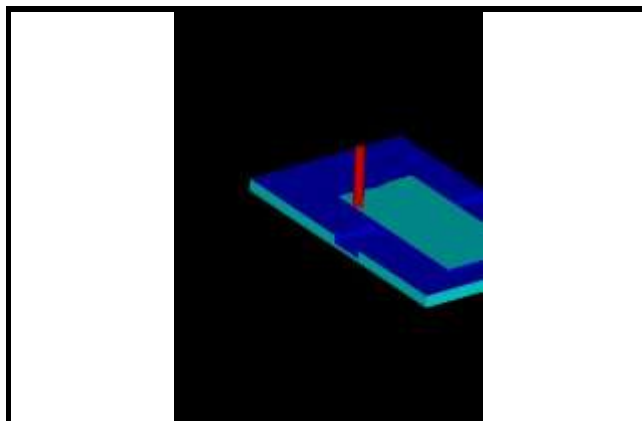
Tool#	12
Operation	Desbaste superior
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	5,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	19.910,32
Time	9,89

	Minimum	Maximum
X :	-102,75	102,75
Y :	-285,61	64,89
Z :	0	55,000000000



Tool#	12
Operation	Desbaste vientos lat
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	10,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	3.848,69
Time	1,96

	Minimum	Maximum
X :	-102,75	102,75
Y :	-145,86	-109,86
Z :	-10	55,000000000



My Company Name

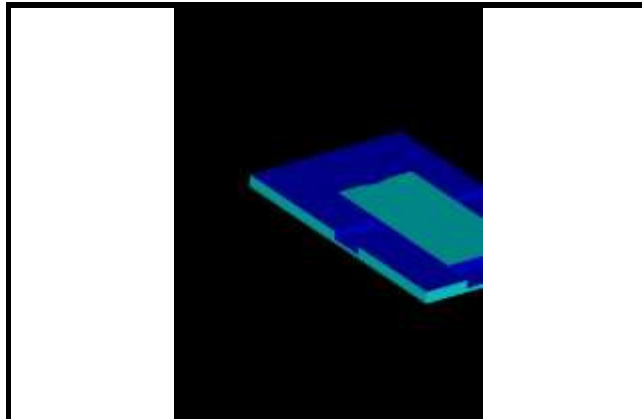
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:24
Material	1005
Stock Size	355,00, 210,00, 20,00
Setup Origin	47,14, 100,00, 15,00
Setup Name	Grupo1

Part File	molde_fijo.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	21,33

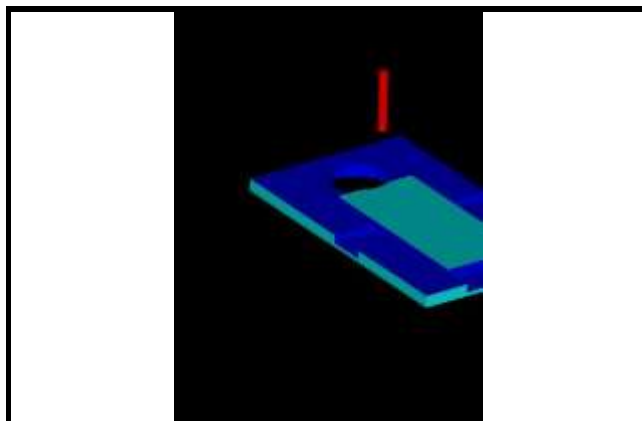
Tool#	12
Operation	Desbaste viento sup
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	10,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	2.546,85
Time	1,34

	Minimum	Maximum
X :	-43	43
Y :	-285,61	-259,86
Z :	-10	55.000000000



Tool#	12
Operation	Desbaste piston
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	20,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	4.610,27
Time	2,39

	Minimum	Maximum
X :	-31,22941848	31,229418475
Y :	-31,22941848	31,229418475
Z :	-15	55.000000000



My Company Name

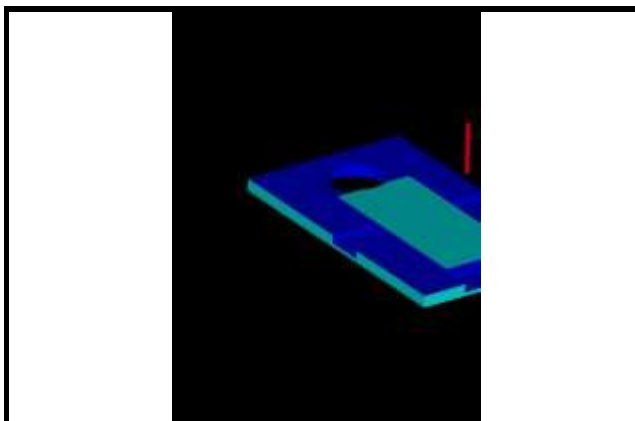
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:24
Material	1005
Stock Size	355,00, 210,00, 20,00
Setup Origin	47,14, 100,00, 15,00
Setup Name	Grupo1

Part File	molde_fijo.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	21,33

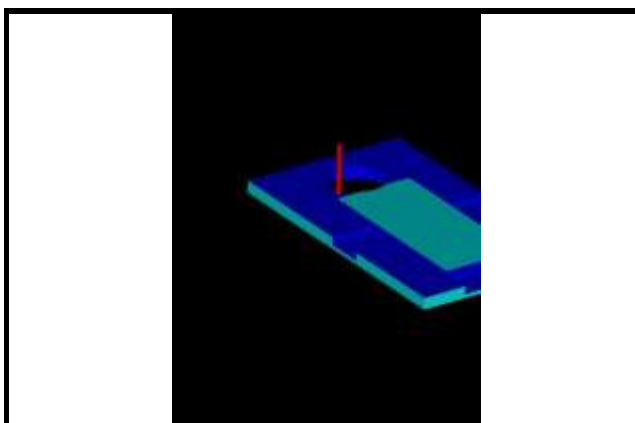
Tool#	8
Operation	Contorno isla
Tool Description	6 MM 2 FLUTE CAR
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	5,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	765,08
Time	0,37

	Minimum	Maximum
X :	-53	53,000000000
Y :	-255,86	-29,86
Z :	0	55,000000000



Tool#	8
Operation	Acabado contorno vie
Tool Description	6 MM 2 FLUTE CAR
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	10,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	736,00
Time	0,31

	Minimum	Maximum
X :	-100	100
Y :	-149,86	-105,86
Z :	-10	55,000000000



My Company Name

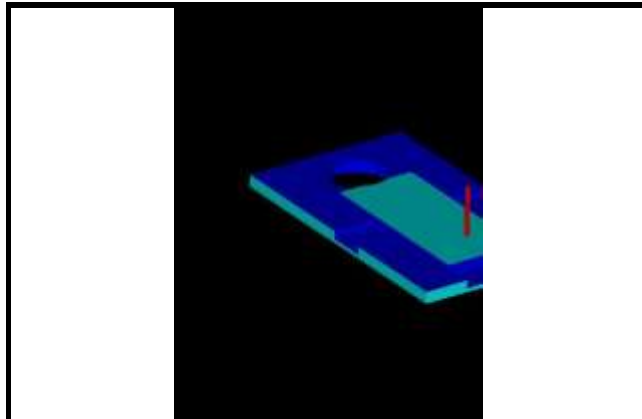
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:24
Material	1005
Stock Size	355,00, 210,00, 20,00
Setup Origin	47,14, 100,00, 15,00
Setup Name	Grupo1

Part File	molde_fijo.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	21,33

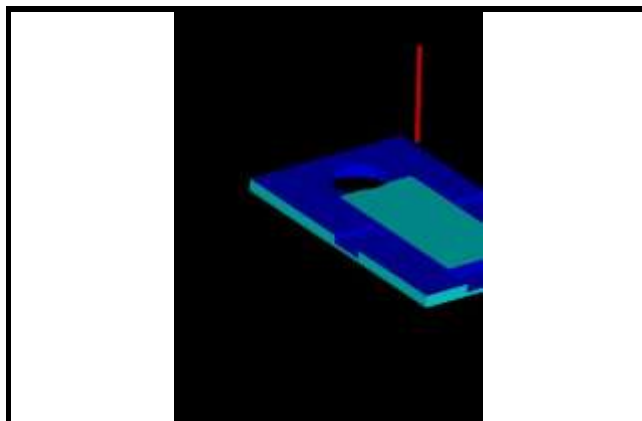
Tool#	8
Operation	Acabado contorno vie
Tool Description	6 MM 2 FLUTE CAR
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	10,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	278,00
Time	0,16

	Minimum	Maximum
X :	-47	47
Y :	-282,86	-255,86
Z :	-10	55,000000000



Tool#	60
Operation	Broca agujeros 6
Tool Description	9MM JOBBER DRIL
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	N.A.
Mach Depth	16,80
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	2,044,60
Time	1,78

	Minimum	Maximum
X :	-88,00000000	88
Y :	-274,86	-7,86
Z :	-16,80258	30,000000000



My Company Name

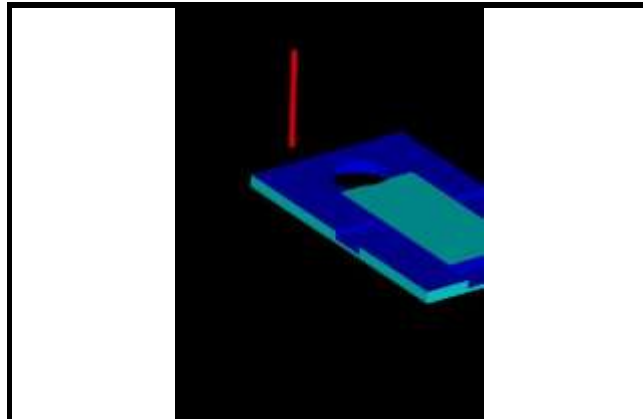
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:24
Material	1005
Stock Size	355,00, 210,00, 20,00
Setup Origin	47,14, 100,00, 15,00
Setup Name	Grupo1

Part File	molde_fijo.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	21,33

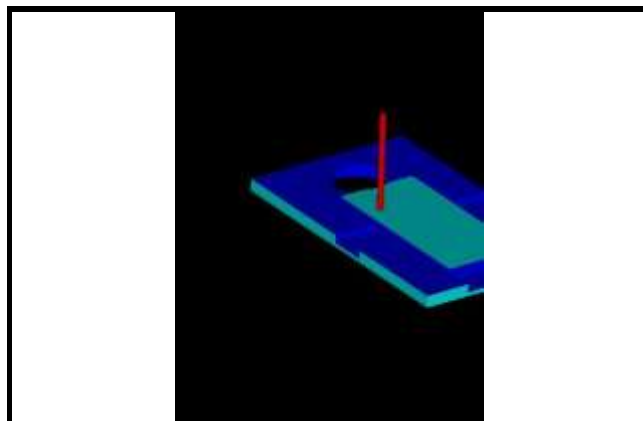
Tool#	45
Operation	Broca varillas 15
Tool Description	9MM JOBBER DRIL
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	N.A.
Mach Depth	17,40
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	292,86
Time	0,23

	Minimum	Maximum
X :	-60,816	60,798
Y :	50,002	50,018
Z :	-17,40344	30,000000000



Tool#	46
Operation	Broca varillas 5
Tool Description	9MM JOBBER DRIL
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	N.A.
Mach Depth	7,40
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	292,99
Time	0,23

	Minimum	Maximum
X :	-60,844	60,905
Y :	-128,286	-128,193
Z :	-17,40344	30,000000000



My Company Name

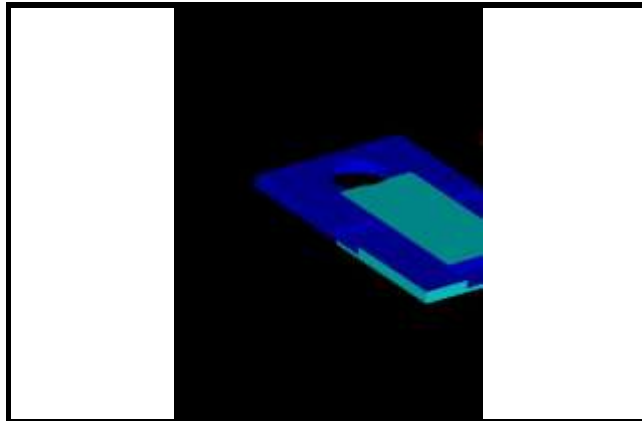
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:24
Material	1005
Stock Size	355,00, 210,00, 20,00
Setup Origin	47,14, 100,00, 15,00
Setup Name	Grupo1

Part File	molde_fijo.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	21,33

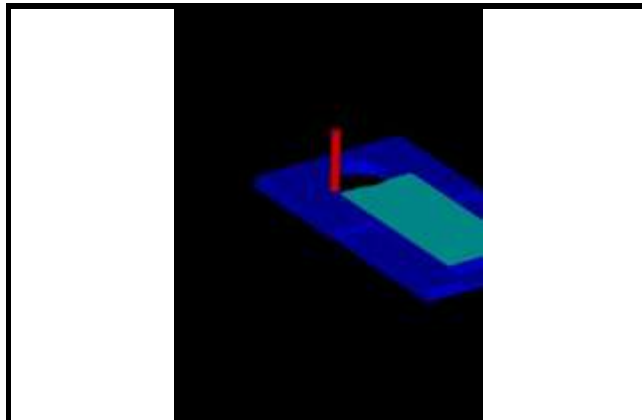
Tool#	12
Operation	Contorno abierto 1
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	15,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	3.098,00
Time	1,30

	Minimum	Maximum
X :	-106	106
Y :	-102,86	68,14
Z :	-15	55.000000000



Tool#	12
Operation	Contorno abierto 2
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	15,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	3.218,00
Time	1,36

	Minimum	Maximum
X :	-106	106
Y :	-288,86	-102,86
Z :	-15	55.000000000



My Company Name

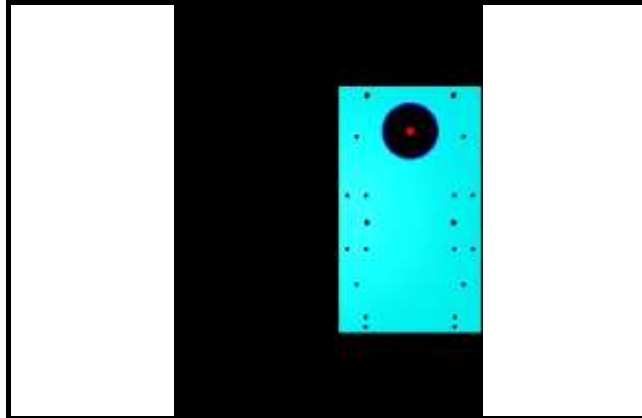
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:24
Material	1005
Stock Size	
Setup Origin	47,14, 100,00, ,00
Setup Name	Grupo2

Part File	molde_fijo.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	2 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	0,44

Tool#	12
Operation	Contorno piston post
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	10,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	669,26
Time	0,44

	Minimum	Maximum
X :	<input type="text" value="-34"/>	<input type="text" value="34"/>
Y :	<input type="text" value="-34"/>	<input type="text" value="34"/>
Z :	<input type="text" value="-10"/>	<input type="text" value="50,000000000"/>



My Company Name

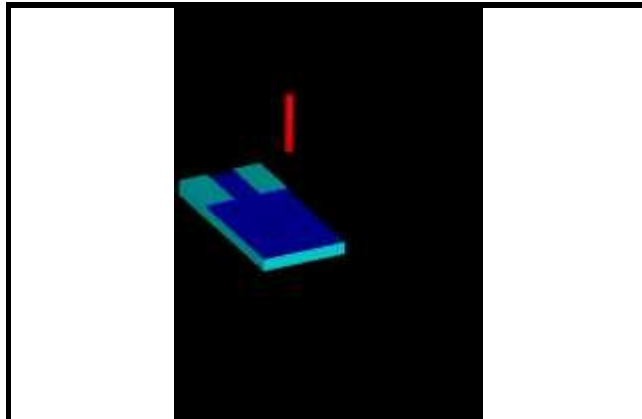
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:28
Material	1005
Stock Size	230,00, 110,00, 20,00
Setup Origin	,00, 50,00, 20,00
Setup Name	Grupo1

Part File	postizo 4mm_recto.S
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	3,94

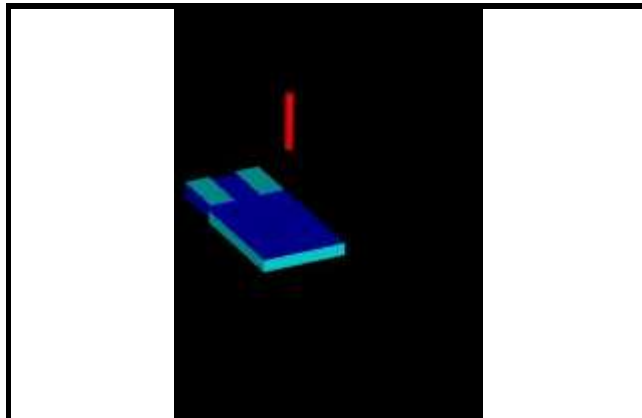
Tool#	12
Operation	Desbaste
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	4,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	3.997,59
Time	2,02

	Minimum	Maximum
X :	-53	53
Y :	-223	3
Z :	-4	55



Tool#	12
Operation	Contorno abierto 1
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	20,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	2.039,37
Time	0,87

	Minimum	Maximum
X :	-56	56
Y :	-70	6
Z :	-20	55



My Company Name

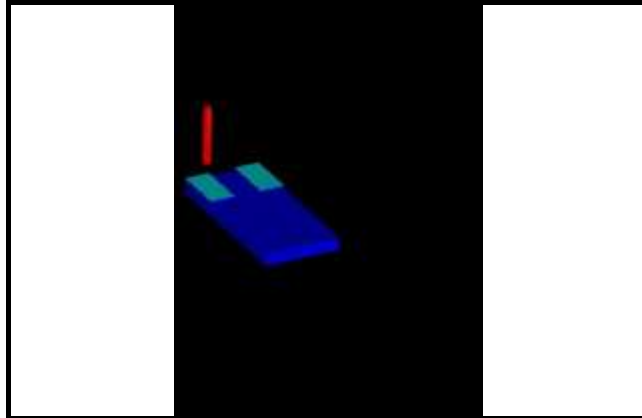
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:28
Material	1005
Stock Size	230,00, 110,00, 20,00
Setup Origin	,00, 50,00, 20,00
Setup Name	Grupo1

Part File	postizo 4mm_recto.S
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	3,94

Tool#	12
Operation	Contorno abierto 2
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	16,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	2.314,00
Time	1,05

	Minimum	Maximum
X :	<input type="text" value="-56"/>	<input type="text" value="56"/>
Y :	<input type="text" value="-226"/>	<input type="text" value="-70"/>
Z :	<input type="text" value="-20"/>	<input type="text" value="55"/>



My Company Name

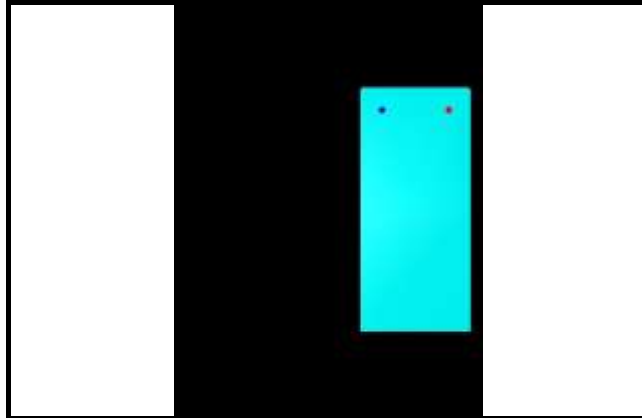
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:28
Material	1005
Stock Size	
Setup Origin	,00, 50,00, ,00
Setup Name	Grupo2

Part File	postizo 4mm_recto.S
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	2 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	0,28

Tool#	43
Operation	Broca agujeros
Tool Description	9MM JOBBER DRIL
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	N.A.
Mach Depth	11,80
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	337,67
Time	0,28

	Minimum	Maximum
X :	<input type="text" value="-30"/>	<input type="text" value="30"/>
Y :	<input type="text" value="-20"/>	<input type="text" value="-20"/>
Z :	<input type="text" value="-11,80258"/>	<input type="text" value="25"/>



My Company Name

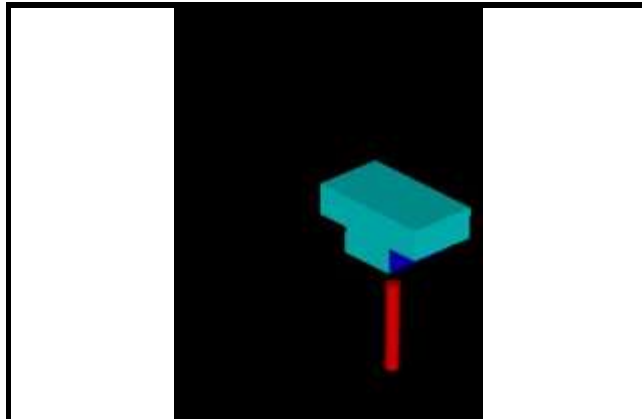
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:30
Material	1005
Stock Size	110,00, 50,00, 60,00
Setup Origin	25,00, ,00, 50,00
Setup Name	Grupo1

Part File	viento_lat1.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	5,76

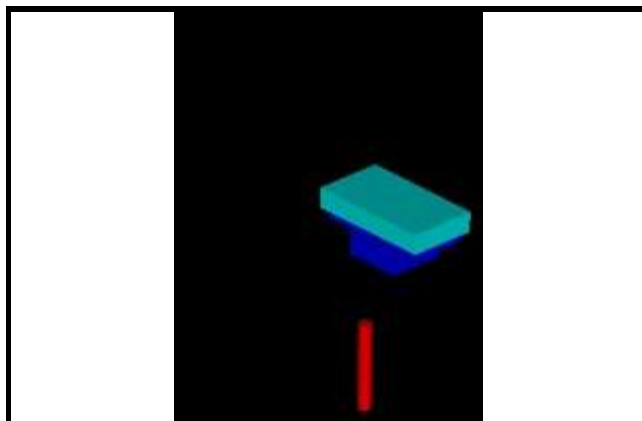
Tool#	12
Operation	Desbaste superior
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	23,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	6.035,08
Time	3,26

	Minimum	Maximum
X :	-53	53
Y :	-53	3
Z :	-23	50



Tool#	12
Operation	Contorneado superior
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	32,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	3.242,00
Time	1,70

	Minimum	Maximum
X :	-56	56
Y :	-56	6
Z :	-32	50



My Company Name

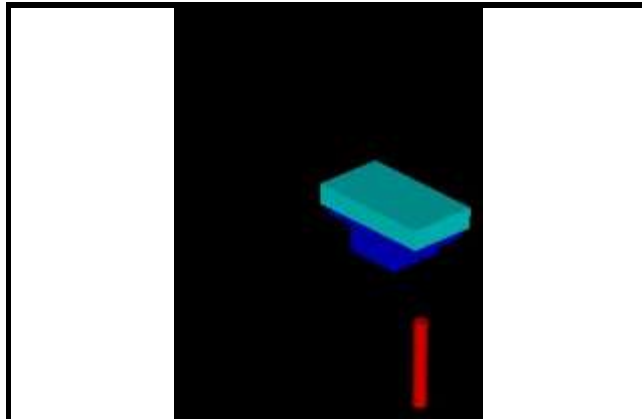
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:30
Material	1005
Stock Size	110,00, 50,00, 60,00
Setup Origin	25,00, ,00, 50,00
Setup Name	Grupo1

Part File	viento_lat1.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	5,76

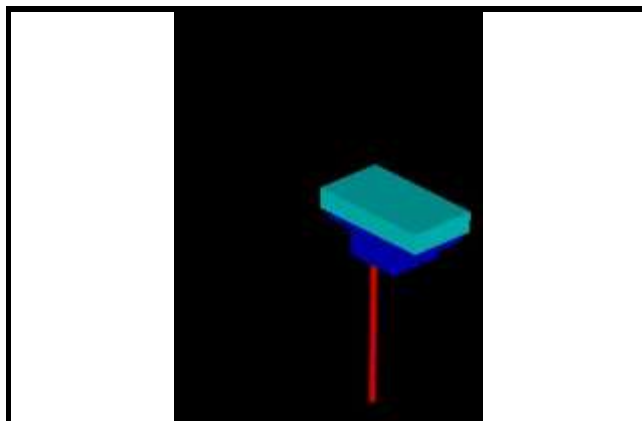
Tool#	12
Operation	Acabado esquinas sup
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	7,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	346,55
Time	0,17

	Minimum	Maximum
X :	-31	31
Y :	-56	6
Z :	-7	50



Tool#	43
Operation	Broca tornillos
Tool Description	6MM JOBBER DRIL
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	N.A.
Mach Depth	10,80
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	553,65
Time	0,64

	Minimum	Maximum
X :	-37,5	37,5
Y :	-38	-12
Z :	-33,80258	25



My Company Name

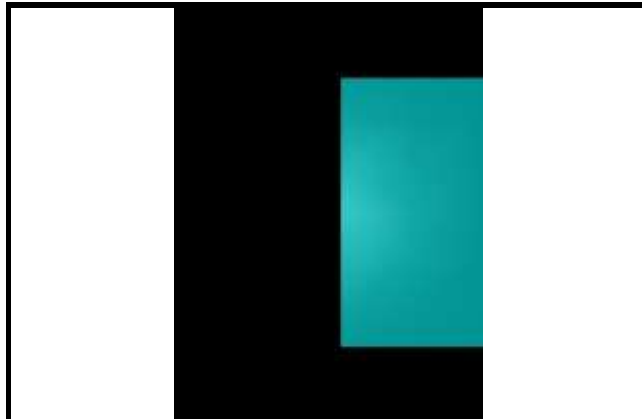
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:30
Material	1005
Stock Size	
Setup Origin	75,00, 42,00, 25,00
Setup Name	Grupo2

Part File	viento_lat1.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	2 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	3,44

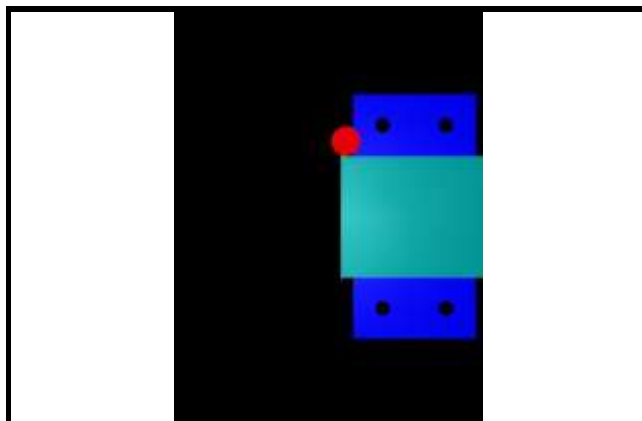
Tool#	12
Operation	Planeado inf
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	8,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	2.531,92
Time	1,26

	Minimum	Maximum
X :	-42	42,000000000
Y :	-100,2	0,2
Z :	-1,94289E-13	50



Tool#	12
Operation	Desbaste inferior
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	10,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	3.149,26
Time	1,69

	Minimum	Maximum
X :	-28	28,000000000
Y :	-103	3,000000000
Z :	-10	58



My Company Name

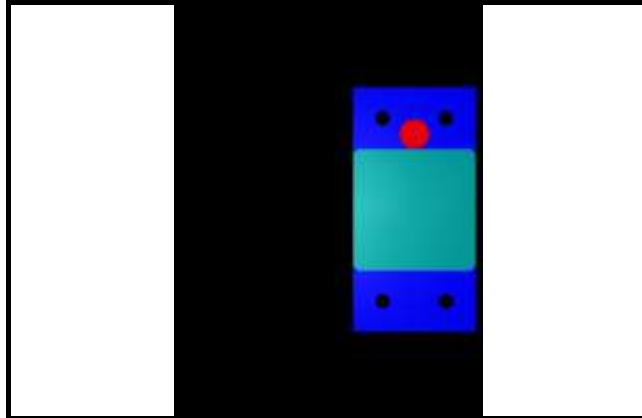
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:30
Material	1005
Stock Size	
Setup Origin	75,00, 42,00, 25,00
Setup Name	Grupo2

Part File	viento_lat1.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	2 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	3,44

Tool#	12
Operation	Acabado esquinas inf
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	10,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	907,65
Time	0,49

	Minimum	Maximum
X :	-31	31,000000000
Y :	-81,00000000	-19
Z :	-10	58



My Company Name

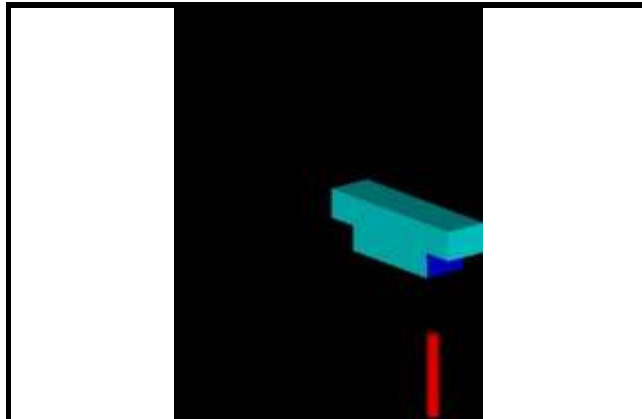
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:32
Material	1005
Stock Size	160,00, 50,00, 40,00
Setup Origin	-25,00, ,00, 15,00
Setup Name	Grupo1

Part File	viento_sup.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	5,26

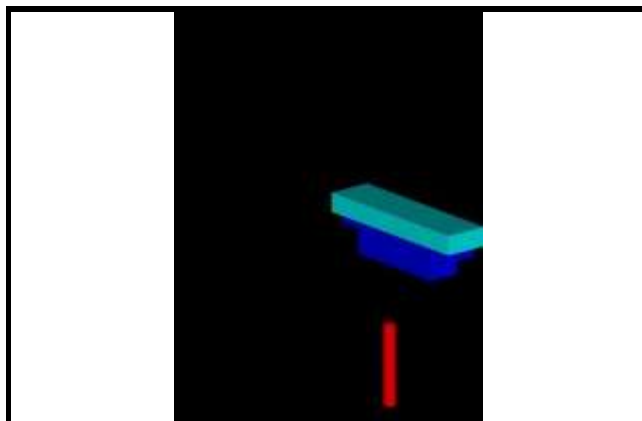
Tool#	12
Operation	Desbaste superior
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	23,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	4.632,43
Time	2,55

	Minimum	Maximum
X :	-18	18
Y :	-153	3
Z :	-23	50



Tool#	12
Operation	Contorno superior
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	32,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	3.598,39
Time	1,87

	Minimum	Maximum
X :	-21	21
Y :	-156	6
Z :	-32	50



My Company Name

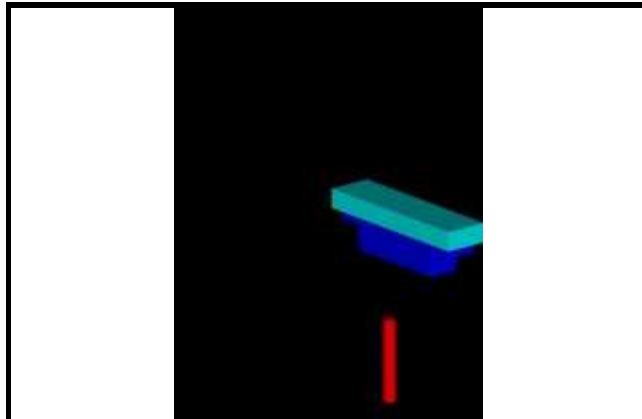
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:32
Material	1005
Stock Size	160,00, 50,00, 40,00
Setup Origin	-25,00, ,00, 15,00
Setup Name	Grupo1

Part File	viento_sup.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	5,26

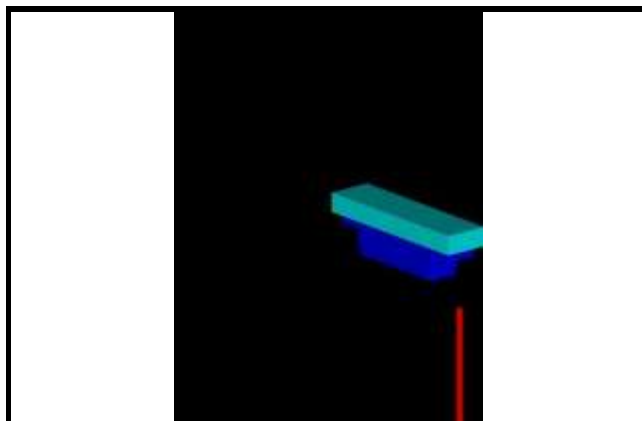
Tool#	12
Operation	Acabado esquinas sup
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	7,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	406,55
Time	0,20

	Minimum	Maximum
X :	-21	21
Y :	-131	-19
Z :	-7	50



Tool#	42
Operation	Broca agujeros
Tool Description	9MM JOBBER DRIL
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	N.A.
Mach Depth	10,80
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	585,84
Time	0,64

	Minimum	Maximum
X :	-7	7,0000000000
Y :	-137,5	-12,5
Z :	-33,80258	25



My Company Name

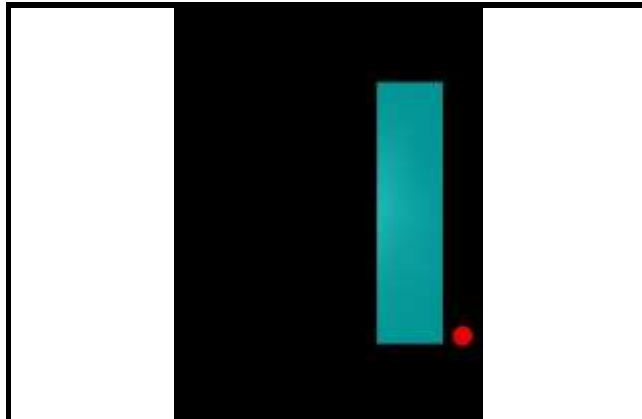
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:32
Material	1005
Stock Size	
Setup Origin	-25,00, 42,00, 15,00
Setup Name	Grupo2

Part File	viento_sup.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	2 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	3,31

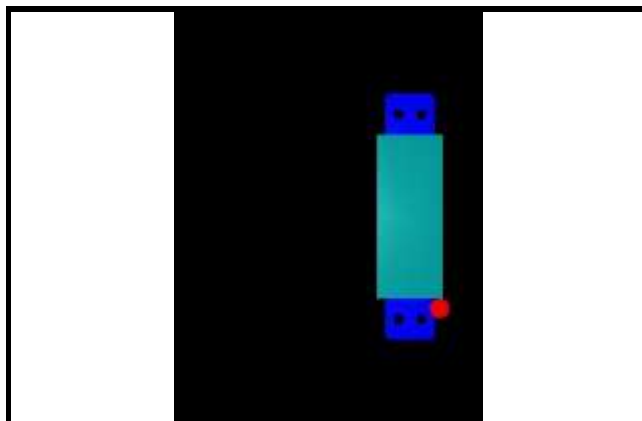
Tool#	12
Operation	Planeado inf
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	8,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	2.854,35
Time	1,41

	Minimum	Maximum
X :	-32	32
Y :	-150,2	0,2
Z :	-1,24900E-13	50



Tool#	12
Operation	Desbaste inferior
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	10,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	2.466,61
Time	1,33

	Minimum	Maximum
X :	-18	18
Y :	-153	3
Z :	-10	58



My Company Name

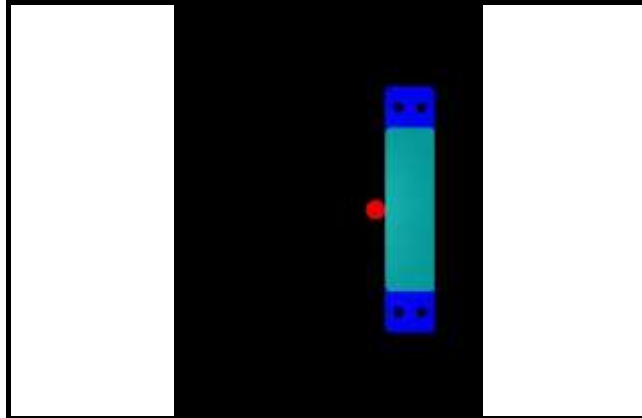
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:32
Material	1005
Stock Size	
Setup Origin	-25,00, 42,00, 15,00
Setup Name	Grupo2

Part File	viento_sup.SLDPRT
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	2 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	3,31

Tool#	12
Operation	Acabado esquinas inf
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	10,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	1.087,65
Time	0,58

	Minimum	Maximum
X :	-21	21
Y :	-131	-19
Z :	-10	58



My Company Name

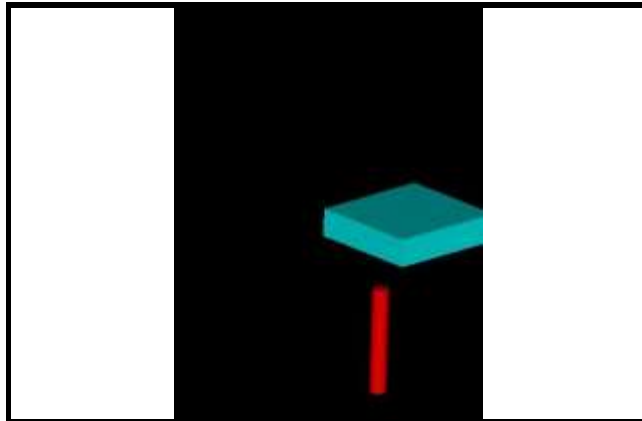
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:39
Material	1005
Stock Size	84,45, 80,08, 20,00
Setup Origin	,00, ,00, ,00
Setup Name	Grupo1

Part File	postizo_cilindro.SLDP
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	1,39

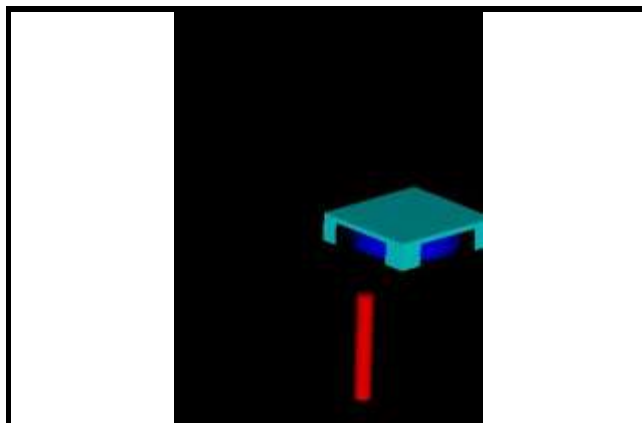
Tool#	12
Operation	Desbaste sup
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	4,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	379,15
Time	0,20

	Minimum	Maximum
X :	-11,50000000	11,5
Y :	-35,85499391	-3
Z :	-4	50,000000000



Tool#	12
Operation	Contorno sup
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	16,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	1.291,09
Time	0,69

	Minimum	Maximum
X :	-43,21821211	43,218212105
Y :	-38,85499391	43,212662081
Z :	-16	50,000000000



My Company Name

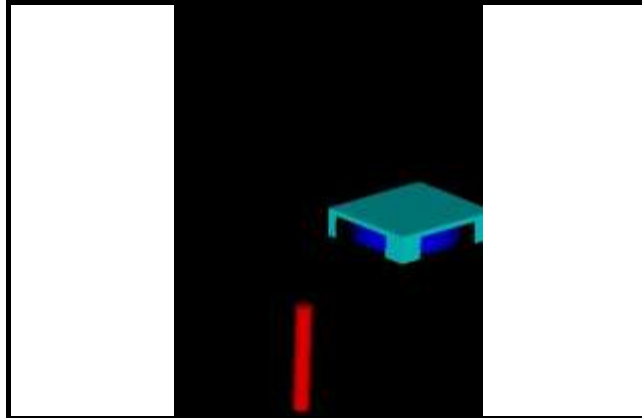
SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:39
Material	1005
Stock Size	84,45, 80,08, 20,00
Setup Origin	,00, ,00, ,00
Setup Name	Grupo1

Part File	postizo_cilindro.SLDP
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	1 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	1,39

Tool#	12
Operation	Contorno arista
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	21,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	1.306,31
Time	0,50

	Minimum	Maximum
X :	-57,36907264	57,776595264
Y :	-38,85499391	-38,85499391
Z :	-21	50,000000000



My Company Name

SETUP SHEET

Company	
Date/Time	07/14/13 23:39
Material	1005
Stock Size	
Setup Origin	32,85, ,00, 20,00
Setup Name	Grupo2

Part File	postizo_cilindro.SLDP
CNC Mach	Example Mill-mm
Setup#	2 of 2
Programmer	
Units	MM
Mach Time(mi)	0,67

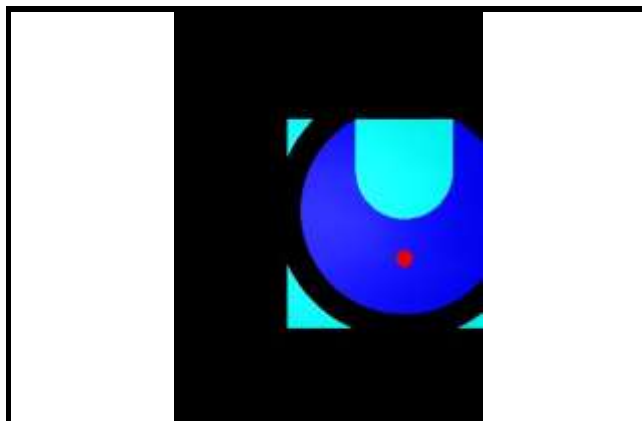
Tool#	12
Operation	Desbaste inf
Tool Description	12 MM 4 FLUTE CA
Holder Description	25 Dia x CAT 50
Holder Number	V50SF-100-300
Speed	2500
Feed	2000
Mach Depth	4,00
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	1.150,06
Time	0,58

	Minimum	Maximum
X :	-40,22499738	40,224997375
Y :	-73,06749701	-0,208391869
Z :	-4	50



Tool#	42
Operation	Broca
Tool Description	9MM JOBBER DRIL
Holder Description	Add Comment
Holder Number	Default
Speed	2500
Feed	N.A.
Mach Depth	11,80
Min. Tool Prot. Len.	N.A.
Tlp Len	81,61
Time	0,09

	Minimum	Maximum
X :	3,205593E-13	3,205593E-13
Y :	-50,07999391	-50,07999391
Z :	-15,80258	25



ANEXO B

Programa en Basic para adaptación del sistema de coordenadas

Para la adaptación de los programas generados en CamWorks al atípico sistema de coordenadas de la fresadora empleada, se utilizó un programa creado en Basic el cual sustituye las coordenadas en Y por Z, así como las funciones que dependen de estas coordenadas. A su vez, elimina una serie de funciones que no eran necesarias, evitando así posibles errores de programación al lanzar los programas en la fresadora.

La versión que se utilizó (“modifi_3”), hacía necesario situar el origen de las figuras sobre alguno de los ejes de simetría de la pieza ya que también cambia el signo de las coordenadas, así somos capaces de conocer la posición que tendrá la pieza sobre la mesa antes de comenzar el mecanizado.

*ANEXO B. Programa en Basic para adaptación
del sistema de coordenadas.*

DIM caracter AS STRING, caracteres AS STRING, linea AS STRING

DIM fichin AS STRING, fichout AS STRING, entrada AS STRING

CLS

INPUT "Fichero a modificar (sin extension txt) "; entrada

fichin = entrada + ".txt"

fichout = entrada + "__.txt"

OPEN fichin FOR INPUT AS #100

OPEN fichout FOR OUTPUT AS #200

DO WHILE NOT EOF(100)

 caracter = INPUT\$(1, 100)

 SELECT CASE caracter

 CASE "Y"

 PRINT #200, "Z";

 CASE "Z"

 PRINT #200, "Y";

 CASE "J"

 PRINT #200, "K";

 CASE "A"

 caracteres = INPUT\$(4, 100)

 CASE "G"

 caracteres = INPUT\$(2, 100)

 SELECT CASE caracteres

 CASE "17"

 PRINT #200, "G18";

 CASE "43"

 caracter = INPUT\$(1, 100)

 CASE "80"

 CASE ELSE

 PRINT #200, "G" + caracteres;

*ANEXO B. Programa en Basic para adaptación
del sistema de coordenadas.*

```
END SELECT

CASE "M"

    caracteres = INPUT$(2, 100)

    SELECT CASE caracteres

        CASE "08"

            CASE ELSE

                PRINT #200, "M" + caracteres;

            END SELECT

        CASE "T"

            linea = INPUT$(10, 100)

            PRINT #200, "M79",

            CASE ELSE

                PRINT #200, caracter;

            END SELECT

        LOOP

    CLOSE #100

    CLOSE #200

    OPEN fichout FOR INPUT AS #100

    OPEN fichin FOR OUTPUT AS #200

    DO WHILE NOT EOF(100)

        caracter = INPUT$(1, 100)

        SELECT CASE caracter

            CASE "Z"

                caracter = INPUT$(1, 100)

                IF caracter = "-" THEN PRINT #200, "Z"; ELSE PRINT #200, "Z-" + caracter;

            CASE "K"

                caracter = INPUT$(1, 100)

                IF caracter = "-" THEN PRINT #200, "K"; ELSE PRINT #200, "K-" + caracter;

            CASE ELSE
```

*ANEXO B. Programa en Basic para adaptación
del sistema de coordenadas.*

```
PRINT #200, caracter;  
  
END SELECT  
  
LOOP  
  
CLOSE #100  
  
CLOSE #200  
  
KILL fichout  
  
PRINT "Fin del programa. Generado ==> "; fichin  
  
PRINT "                                ",
```


ANEXO C

Programas CNC de mecanizado postprocesados en CamWorks y adaptados al sistema de coordenadas

Una vez realizado el postprocesado de los programas mediante CamWorks, pasamos al post-postprocesado mediante el programa incluido en el “ANEXO B”, para adaptar nuestros programas al sistema de coordenadas de la máquina de fresado. Además de esto, aprovechamos para definir los números de los programas según los habíamos definido en las hojas de procesos, para así identificarlos una vez enviados a la fresadora.

En este anexo se incluyen los códigos empleados para el mecanizado de las piezas de metacrilato que se fabricaron en el taller de la UPCT, por tanto, no se incluyen aquellos programas correspondientes a la realización de taladros, aunque sí que se llegaron a postprocesar por si finalmente en un futuro fuesen necesarios.

➔ PARTE MÓVIL DEL MOLDE

“0101_planeado_sup”

%MPF101	N800 G03 Z85.686 I0 K4.112	N1600 G03 Z250.162 I0 K4.112
N10 G18 G71 G40	N810 G01 X-105.	N1610 G01 X-105.
N20 G54	N820 X105.	N1620 X105.
N30 M79	N830 X112.2	N1630 X112.2
N40 S2500 M03	N840 G02 Z93.91 I0 K4.112	N1640 G02 Z258.386 I0 K4.112
N50	N850 G01 X105.	N1650 G01 X105.
N60 G90 G00 X-117. Z-62.343	N860 X-105.	N1660 X-105.
N70 Y20.	N870 X-112.2	N1670 X-112.2
N80 G01 Y0 F400.	N880 G03 Z102.133 I0 K4.112	N1680 G03 Z266.61 I0 K4.112
N90 X-105. F500.	N890 G01 X-105.	N1690 G01 X-105.
N100 X105. F2000.	N900 X105.	N1700 X105.
N110 X112.2	N910 X112.2	N1710 X112.2
N120 G02 Z-54.119 I0 K4.112	N920 G02 Z110.357 I0 K4.112	N1720 G02 Z274.833 I0 K4.112
N130 G01 X105.	N930 G01 X105.	N1730 G01 X105.
N140 X-105.	N940 X-105.	N1740 X-105.
N150 X-112.2	N950 X-112.2	N1750 X-112.2
N160 G03 Z-45.895 I0 K4.112	N960 G03 Z118.581 I0 K4.112	N1760 G03 Z283.057 I0 K4.112
N170 G01 X-105.	N970 G01 X-105.	N1770 G01 X-105.
N180 X105.	N980 X105.	N1780 X105.
N190 X112.2	N990 X112.2	N1790 X117. F500.
N200 G02 Z-37.671 I0 K4.112	N1000 G02 Z126.805 I0 K4.112	N1800 G00 Y20.
N210 G01 X105.	N1010 G01 X105.	N1810 Y50. M09
N220 X-105.	N1020 X-105.	N1820 G53 D0
N230 X-112.2	N1030 X-112.2	N1830 M30
N240 G03 Z-29.448 I0 K4.112	N1040 G03 Z135.029 I0 K4.112	
N250 G01 X-105.	N1050 G01 X-105.	
N260 X105.	N1060 X105.	
N270 X112.2	N1070 X112.2	
N280 G02 Z-21.224 I0 K4.112	N1080 G02 Z143.252 I0 K4.112	
N290 G01 X105.	N1090 G01 X105.	
N300 X-105.	N1100 X-105.	
N310 X-112.2	N1110 X-112.2	
N320 G03 Z-13. I0 K4.112	N1120 G03 Z151.476 I0 K4.112	
N330 G01 X-105.	N1130 G01 X-105.	
N340 X105.	N1140 X105.	
N350 X112.2	N1150 X112.2	
N360 G02 Z-4.776 I0 K4.112	N1160 G02 Z159.7 I0 K4.112	
N370 G01 X105.	N1170 G01 X105.	
N380 X-105.	N1180 X-105.	
N390 X-112.2	N1190 X-112.2	
N400 G03 Z3.448 I0 K4.112	N1200 G03 Z167.924 I0 K4.112	
N410 G01 X-105.	N1210 G01 X-105.	
N420 X105.	N1220 X105.	
N430 X112.2	N1230 X112.2	
N440 G02 Z11.672 I0 K4.112	N1240 G02 Z176.148 I0 K4.112	
N450 G01 X105.	N1250 G01 X105.	
N460 X-105.	N1260 X-105.	
N470 X-112.2	N1270 X-112.2	
N480 G03 Z19.895 I0 K4.112	N1280 G03 Z184.372 I0 K4.112	
N490 G01 X-105.	N1290 G01 X-105.	
N500 X105.	N1300 X105.	
N510 X112.2	N1310 X112.2	
N520 G02 Z28.119 I0 K4.112	N1320 G02 Z192.595 I0 K4.112	
N530 G01 X105.	N1330 G01 X105.	
N540 X-105.	N1340 X-105.	
N550 X-112.2	N1350 X-112.2	
N560 G03 Z36.343 I0 K4.112	N1360 G03 Z200.819 I0 K4.112	
N570 G01 X-105.	N1370 G01 X-105.	
N580 X105.	N1380 X105.	
N590 X112.2	N1390 X112.2	
N600 G02 Z44.567 I0 K4.112	N1400 G02 Z209.043 I0 K4.112	
N610 G01 X105.	N1410 G01 X105.	
N620 X-105.	N1420 X-105.	
N630 X-112.2	N1430 X-112.2	
N640 G03 Z52.791 I0 K4.112	N1440 G03 Z217.267 I0 K4.112	
N650 G01 X-105.	N1450 G01 X-105.	
N660 X105.	N1460 X105.	
N670 X112.2	N1470 X112.2	
N680 G02 Z61.014 I0 K4.112	N1480 G02 Z225.491 I0 K4.112	
N690 G01 X105.	N1490 G01 X105.	
N700 X-105.	N1500 X-105.	
N710 X-112.2	N1510 X-112.2	
N720 G03 Z69.238 I0 K4.112	N1520 G03 Z233.714 I0 K4.112	
N730 G01 X-105.	N1530 G01 X-105.	
N740 X105.	N1540 X105.	
N750 X112.2	N1550 X112.2	
N760 G02 Z77.462 I0 K4.112	N1560 G02 Z241.938 I0 K4.112	
N770 G01 X105.	N1570 G01 X105.	
N780 X-105.	N1580 X-105.	
N790 X-112.2	N1590 X-112.2	

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

“0102_desbaste_sup”

%MPF102	N830 X50.	N1670 X2.926 Z5.494 I17.5 K25.588
N10 G18 G71 G40	N840 G02 X19. Z77.857 I0 K-31.	N1680 G03 X-2.926 I-2.926 K-5.494
N20 G54	N850 G01 Z63.855	N1690 G01 X-5.747 Z10.79
N30 M79	N860 X17.498	N1700 G02 X0 Z15.001 I-11.753 K22.065
N40 S2500 M03	N870 G02 X0 Z58.443 I002 K-31.	N1710 X5.747 Z10.79 I17.5 K17.854
N50	N880 X-17.498 Z63.855 I-17.5 K-25.588	N1720 G03 X-5.747 I-5.747 K-10.79
N60 G90 G00 X0 Z133.259	N890 G01 X-19.	N1730 G01 X-8.568 Z16.085
N70 Y20.	N900 Z77.857	N1740 G02 X0 Z25.456 I-8.932 K16.77
N80 G01 Y-4. F250.	N910 G02 X-50. Z108.857 I-31. K-0	N1750 X8.568 Z16.085 I17.5 K7.399
N90 G02 X5.402 Z127.857 I50. K44.598	N920 G01 X-78.75	N1760 G03 X-8.568 I-8.568 K-16.085
F2000.	N930 Z146.857	N1770 G01 X-5.747 Z10.79
N100 X0 Z122.455 I44.598 K-50.	N940 X-50.	N1780 X-2.926 Z5.494
N110 X-5.402 Z127.857 I-50. K-44.598	N950 G02 X-19. Z177.857 I0 K31.	N1790 X-.106 Z.199
N120 X0 Z133.259 I-44.598 K50.	N960 G01 Z252.857	N1800 X-11.389 Z21.381
N130 G01 Z142.914	N970 G02 X-20.261 Z261.607 I-31. K-0	N1810 G02 X-17.499 Z45.855 I-6.111 K11.474
N140 G02 X15.057 Z127.857 I50. K34.943	N980 G01 X20.261	N1820 G01 X-37. Z45.856
N150 X0 Z112.8 I34.943 K-50.	N990 X29.815 Z267.607	N1830 Z77.857
N160 X-15.057 Z127.857 I-50. K-34.943	N1000 G02 X25. Z252.857 I20.185 K-14.75	N1840 G02 X-50. Z90.857 I-13. K-0
N170 X0 Z142.914 I-34.943 K50.	N1010 G01 Z177.857	N1850 G01 X-96.75
N180 G01 Z154.944	N1020 G02 X50. Z152.857 I25. K-0	N1860 Z164.857
N190 G02 X27.087 Z127.857 I50. K22.913	N1030 G01 X84.75	N1870 X-50.
N200 X0 Z100.77 I22.913 K-50.	N1040 Z102.857	N1880 G02 X-37. Z177.857 I0 K13.
N210 X-27.087 Z127.857 I-50. K-22.913	N1050 X50.	N1890 G01 Z252.857
N220 X0 Z154.944 I-22.913 K50.	N1060 G02 X25. Z77.857 I0 K-25.	N1900 G02 X-50. Z265.857 I-13. K-0
N230 G01 X1. Z243.607	N1070 G01 Z57.856	N1910 G01 X-62.
N240 Z177.857	N1080 X17.498 Z57.855	N1920 Z279.607
N250 G02 X50. Z128.857 I49. K-0	N1090 G02 X0 Z50.709 I002 K-25.	N1930 X62.
N260 G01 X60.75	N1100 X-17.498 Z57.855 I-17.5 K-17.854	N1940 X68. Z285.607
N270 Z126.857	N1110 G01 X-25. Z57.856	N1950 Z282.857
N280 X50.	N1120 Z77.857	N1960 Z259.857
N290 G02 X1.013 Z78.998 I0 K-49.	N1130 G02 X-50. Z102.857 I-25. K-0	N1970 X50.
N300 X0 Z78.623 I16.487 K-46.143	N1140 G01 X-84.75	N1980 G02 X43. Z252.857 I0 K-7.
N310 X-1.013 Z78.998 I-17.5 K-45.768	N1150 Z152.857	N1990 G01 Z177.857
N320 X-50. Z126.857 I-48.987 K-1.141	N1160 X-50.	N2000 G02 X50. Z170.857 I7. K-0
N330 G01 X-60.75	N1170 G02 X-25. Z177.857 I0 K25.	N2010 G01 X100.
N340 Z128.857	N1180 G01 Z252.857	N2020 X102.75
N350 X-50.	N1190 G02 X-29.815 Z267.607 I-25. K-0	N2030 Z84.857
N360 G02 X-1. Z177.857 I0 K49.	N1200 G01 X29.815	N2040 X100.
N370 G01 Z243.607	N1210 X56. Z273.607	N2050 X50.
N380 X1.	N1220 Z271.857	N2060 G02 X43. Z77.857 I0 K-7.
N390 X7. Z249.607	N1230 X50.	N2070 G01 Z39.857
N400 Z177.857	N1240 G02 X31. Z252.857 I0 K-19.	N2080 X17.5 Z39.855
N410 G02 X50. Z134.857 I43. K-0	N1250 G01 Z177.857	N2090 G02 X14.209 Z26.677 I0 K-7.
N420 G01 X66.75	N1260 G02 X50. Z158.857 I19. K-0	N2100 G03 X-14.209 I-14.209 K-26.677
N430 Z120.857	N1270 G01 X90.75	N2110 G02 X-17.5 Z39.855 I-3.291 K6.178
N440 X50.	N1280 Z96.857	N2120 G01 X-43. Z39.857
N450 G02 X7. Z77.857 I0 K-43.	N1290 X50.	N2130 Z77.857
N460 G01 Z74.553	N1300 G02 X31. Z77.857 I0 K-19.	N2140 G02 X-50. Z84.857 I-7. K-0
N470 G02 X0 Z72.133 I10.5 K-41.698	N1310 G01 Z51.856	N2150 G01 X-100.
N480 X-7. Z74.553 I-17.5 K-39.278	N1320 X17.499 Z51.855	N2160 X-102.75
N490 G01 Z77.857	N1330 G02 X0 Z40.254 I001 K-19.	N2170 Z170.857
N500 G02 X-50. Z120.857 I-43. K-0	N1340 X-17.499 Z51.855 I-17.5 K-7.399	N2180 X-100.
N510 G01 X-66.75	N1350 G01 X-31. Z51.856	N2190 X-50.
N520 Z134.857	N1360 Z77.857	N2200 G02 X-43. Z177.857 I0 K7.
N530 X-50.	N1370 G02 X-50. Z96.857 I-19. K-0	N2210 G01 Z252.857
N540 G02 X-7. Z177.857 I0 K43.	N1380 G01 X-90.75	N2220 G02 X-50. Z259.857 I-7. K-0
N550 G01 Z249.607	N1390 Z158.857	N2230 G01 X-68.
N560 X7.	N1400 X-50.	N2240 Z282.857
N570 X13.102 Z255.607	N1410 G02 X-31. Z177.857 I0 K19.	N2250 Z285.607
N580 G02 X13. Z252.857 I36.898 K-2.75	N1420 G01 Z252.857	N2260 X68.
N590 G01 Z177.857	N1430 G02 X-50. Z271.857 I-19. K-0	N2270 Z282.857
N600 G02 X50. Z140.857 I37. K-0	N1440 G01 X-56.	N2280 Z259.857
N610 G01 X72.75	N1450 Z273.607	N2290 X50.
N620 Z114.857	N1460 X56.	N2300 G02 X43. Z252.857 I0 K-7.
N630 X50.	N1470 X62. Z279.607	N2310 G01 Z177.857
N640 G02 X13. Z77.857 I0 K-37.	N1480 Z265.857	N2320 G02 X50. Z170.857 I7. K-0
N650 G01 Z69.58	N1490 X50.	N2330 G01 X100.
N660 G02 X0 Z65.455 I4.5 K-36.725	N1500 G02 X37. Z252.857 I0 K-13.	N2340 X102.75
N670 X-13. Z69.58 I-17.5 K-32.6	N1510 G01 Z177.857	N2350 Z84.857
N680 G01 Z77.857	N1520 G02 X50. Z164.857 I13. K-0	N2360 X100.
N690 G02 X-50. Z114.857 I-37. K-0	N1530 G01 X96.75	N2370 X50.
N700 G01 X-72.75	N1540 Z90.857	N2380 G02 X43. Z77.857 I0 K-7.
N710 Z140.857	N1550 X50.	N2390 G01 Z39.857
N720 X-50.	N1560 G02 X37. Z77.857 I0 K-13.	N2400 X17.5 Z39.855
N730 G02 X-13. Z177.857 I0 K37.	N1570 G01 Z45.856	N2410 G02 X14.209 Z26.677 I0 K-7.
N740 G01 Z252.857	N1580 X17.499 Z45.855	N2420 G03 X-14.209 I-14.209 K-26.677
N750 G02 X-13.102 Z255.607 I-37. K-0	N1590 G02 X11.389 Z21.381 I0 K-13.	N2430 G02 X-17.5 Z39.855 I-3.291 K6.178
N760 G01 X13.102	N1600 G03 X-11.389 I-11.389 K-21.381	N2440 G01 X-43. Z39.857
N770 X20.261 Z261.607	N1610 G01 X-.106 Z.199	N2450 Z77.857
N780 G02 X19. Z252.857 I29.739 K-8.75	N1620 G02 X0 Z.255 I-17.394 K32.656	N2460 G02 X-50. Z84.857 I-7. K-0
N790 G01 Z177.857	N1630 X.106 Z.199 I17.5 K32.6	N2470 G01 X-100.
N800 G02 X50. Z146.857 I31. K-0	N1640 G03 X-.106 I-.106 K-.199	N2480 X-102.75
N810 G01 X78.75	N1650 G01 X-2.926 Z5.494	N2490 Z170.857
N820 Z108.857	N1660 G02 X0 Z7.267 I-14.574 K27.361	N2500 X-100.

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

N2510 X-50.	N3380 G02 X19. Z77.857 I0 K-31.	N4260 G03 X-5.747 I-5.747 K-10.79
N2520 G02 X-43. Z177.857 I0 K7.	N3390 G01 Z63.855	N4270 G01 X-8.568 Z16.085
N2530 G01 Z252.857	N3400 X17.498	N4280 G02 X0 Z25.456 I-8.932 K16.77
N2540 G02 X-50. Z259.857 I-7. K-0	N3410 G02 X0 Z58.443 I.002 K-31.	N4290 X8.568 Z16.085 I17.5 K7.399
N2550 G01 X-68.	N3420 X-17.498 Z63.855 I-17.5 K-25.588	N4300 G03 X-8.568 I-8.568 K-16.085
N2560 Z282.857	N3430 G01 X-19.	N4310 G01 X-5.747 Z10.79
N2570 Z285.607	N3440 Z77.857	N4320 X-2.926 Z5.494
N2580 X68.	N3450 G02 X-50. Z108.857 I-31. K-0	N4330 X-.106 Z.199
N2590 G00 Y20.	N3460 G01 X-78.75	N4340 X-11.389 Z21.381
N2600 X0 Z133.259	N3470 Z146.857	N4350 G02 X-17.499 Z45.855 I-6.111 K11.474
N2610 Y6.	N3480 X-50.	N4360 G01 X-37. Z45.856
N2620 G01 Y-6.5 F250.	N3490 G02 X-19. Z177.857 I0 K31.	N4370 Z77.857
N2630 G02 X5.402 Z127.857 I50. K44.598 F2000.	N3500 G01 Z252.857	N4380 G02 X-50. Z90.857 I-13. K-0
N2640 X0 Z122.455 I44.598 K-50.	N3510 G02 X-20.261 Z261.607 I-31. K-0	N4390 G01 X-96.75
N2650 X-5.402 Z127.857 I-50. K-44.598	N3520 G01 X20.261	N4400 Z164.857
N2660 X0 Z133.259 I-44.598 K50.	N3530 X29.815 Z267.607	N4410 X-50.
N2670 G01 Z142.914	N3540 G02 X25. Z252.857 I20.185 K-14.75	N4420 G02 X-37. Z177.857 I0 K13.
N2680 G02 X15.057 Z127.857 I50. K34.943	N3550 G01 Z177.857	N4430 G01 Z252.857
N2690 X0 Z112.8 I34.943 K-50.	N3560 G02 X50. Z152.857 I25. K-0	N4440 G02 X-50. Z265.857 I-13. K-0
N2700 X-15.057 Z127.857 I-50. K-34.943	N3570 G01 X84.75	N4450 G01 X-62.
N2710 X0 Z142.914 I-34.943 K50.	N3580 Z102.857	N4460 Z279.607
N2720 G01 Z154.944	N3590 X50.	N4470 X62.
N2730 G02 X27.087 Z127.857 I50. K22.913	N3600 G02 X25. Z77.857 I0 K-25.	N4480 X68. Z285.607
N2740 X0 Z100.77 I22.913 K-50.	N3610 G01 Z57.856	N4490 Z282.857
N2750 X-27.087 Z127.857 I-50. K-22.913	N3620 X17.498 Z57.855	N4500 Z259.857
N2760 X0 Z154.944 I-22.913 K50.	N3630 G02 X0 Z50.709 I.002 K-25.	N4510 X50.
N2770 G01 X1. Z243.607	N3640 X-17.498 Z57.855 I-17.5 K-17.854	N4520 G02 X43. Z252.857 I0 K-7.
N2780 Z177.857	N3650 G01 X-25. Z57.856	N4530 G01 Z177.857
N2790 G02 X50. Z128.857 I49. K-0	N3660 Z77.857	N4540 G02 X50. Z170.857 I7. K-0
N2800 G01 X60.75	N3670 G02 X-50. Z102.857 I-25. K-0	N4550 G01 X100.
N2810 Z126.857	N3680 G01 X-84.75	N4560 X102.75
N2820 X50.	N3690 Z152.857	N4570 Z84.857
N2830 G02 X1.013 Z78.998 I0 K-49.	N3700 X-50.	N4580 X100.
N2840 X0 Z78.623 I16.487 K-46.143	N3710 G02 X-25. Z177.857 I0 K25.	N4590 X50.
N2850 X-1.013 Z78.998 I-17.5 K-45.768	N3720 G01 Z252.857	N4600 G02 X43. Z77.857 I0 K-7.
N2860 X-50. Z126.857 I-48.987 K-1.141	N3730 G02 X-29.815 Z267.607 I-25. K-0	N4610 G01 Z39.857
N2870 G01 X-60.75	N3740 G01 X29.815	N4620 X17.5 Z39.855
N2880 Z128.857	N3750 X56. Z273.607	N4630 G02 X14.209 Z26.677 I0 K-7.
N2890 X-50.	N3760 Z271.857	N4640 G03 X-14.209 I-14.209 K-26.677
N2900 G02 X-1. Z177.857 I0 K49.	N3770 X50.	N4650 G02 X-17.5 Z39.855 I-3.291 K6.178
N2910 G01 Z243.607	N3780 G02 X31. Z252.857 I0 K-19.	N4660 G01 X-43. Z39.857
N2920 X1.	N3790 G01 Z177.857	N4670 Z77.857
N2930 X7. Z249.607	N3800 G02 X50. Z158.857 I19. K-0	N4680 G02 X-50. Z84.857 I-7. K-0
N2940 Z177.857	N3810 G01 X90.75	N4690 G01 X-100.
N2950 G02 X50. Z134.857 I43. K-0	N3820 Z96.857	N4700 X-102.75
N2960 G01 X66.75	N3830 X50.	N4710 Z170.857
N2970 Z120.857	N3840 G02 X31. Z77.857 I0 K-19.	N4720 X-100.
N2980 X50.	N3850 G01 Z51.856	N4730 X-50.
N2990 G02 X7. Z77.857 I0 K-43.	N3860 X17.499 Z51.855	N4740 G02 X-43. Z177.857 I0 K7.
N3000 G01 Z74.553	N3870 G02 X0 Z40.254 I.001 K-19.	N4750 G01 Z252.857
N3010 G02 X0 Z72.133 I10.5 K-41.698	N3880 X-17.499 Z51.855 I-17.5 K-7.399	N4760 G02 X-50. Z259.857 I-7. K-0
N3020 X-7. Z74.553 I-17.5 K-39.278	N3890 G01 X-31. Z51.856	N4770 G01 X-68.
N3030 G01 Z77.857	N3900 Z77.857	N4780 Z282.857
N3040 G02 X-50. Z120.857 I-43. K-0	N3910 G02 X-50. Z96.857 I-19. K-0	N4790 Z285.607
N3050 G01 X-66.75	N3920 G01 X-90.75	N4800 X68.
N3060 Z134.857	N3930 Z158.857	N4810 Z282.857
N3070 X-50.	N3940 X-50.	N4820 Z259.857
N3080 G02 X-7. Z177.857 I0 K43.	N3950 G02 X-31. Z177.857 I0 K19.	N4830 X50.
N3090 G01 Z249.607	N3960 G01 Z252.857	N4840 G02 X43. Z252.857 I0 K-7.
N3100 X7.	N3970 G02 X-50. Z271.857 I-19. K-0	N4850 G01 Z177.857
N3110 X13.102 Z255.607	N3980 G01 X-56.	N4860 G02 X50. Z170.857 I7. K-0
N3120 G02 X13. Z252.857 I36.898 K-2.75	N3990 Z273.607	N4870 G01 X100.
N3130 G01 Z177.857	N4000 X56.	N4880 X102.75
N3140 G02 X50. Z140.857 I37. K-0	N4010 X62. Z279.607	N4890 Z84.857
N3150 G01 X72.75	N4020 Z265.857	N4900 X100.
N3160 Z114.857	N4030 X50.	N4910 X50.
N3170 X50.	N4040 G02 X37. Z252.857 I0 K-13.	N4920 G02 X43. Z77.857 I0 K-7.
N3180 G02 X13. Z77.857 I0 K-37.	N4050 G01 Z177.857	N4930 G01 Z39.857
N3190 G01 Z69.58	N4060 G02 X50. Z164.857 I13. K-0	N4940 X17.5 Z39.855
N3200 G02 X0 Z65.455 I4.5 K-36.725	N4070 G01 X96.75	N4950 G02 X14.209 Z26.677 I0 K-7.
N3210 X-13. Z69.58 I-17.5 K-32.6	N4080 Z90.857	N4960 G03 X-14.209 I-14.209 K-26.677
N3220 G01 Z77.857	N4090 X50.	N4970 G02 X-17.5 Z39.855 I-3.291 K6.178
N3230 G02 X-50. Z114.857 I-37. K-0	N4100 G02 X37. Z77.857 I0 K-13.	N4980 G01 X-43. Z39.857
N3240 G01 X-72.75	N4110 G01 Z45.856	N4990 Z77.857
N3250 Z140.857	N4120 X17.499 Z45.855	N5000 G02 X-50. Z84.857 I-7. K-0
N3260 X-50.	N4130 G02 X11.389 Z21.381 I0 K-13.	N5010 G01 X-100.
N3270 G02 X-13. Z177.857 I0 K37.	N4140 G03 X-11.389 I-11.389 K-21.381	N5020 X-102.75
N3280 G01 Z252.857	N4150 G01 X-.106 Z.199	N5030 Z170.857
N3290 G02 X-13.102 Z255.607 I-37. K-0	N4160 G02 X0 Z.255 I-17.394 K32.656	N5040 X-100.
N3300 G01 X13.102	N4170 X.106 Z.199 I17.5 K32.6	N5050 X-50.
N3310 X20.261 Z261.607	N4180 G03 X-.106 I-.106 K-.199	N5060 G02 X-43. Z177.857 I0 K7.
N3320 G02 X19. Z252.857 I29.739 K-8.75	N4190 G01 X-2.926 Z5.494	N5070 G01 Z252.857
N3330 G01 Z177.857	N4200 G02 X0 Z7.267 I-14.574 K27.361	N5080 G02 X-50. Z259.857 I-7. K-0
N3340 G02 X50. Z146.857 I31. K-0	N4210 X2.926 Z5.494 I17.5 K25.588	N5090 G01 X-68.
N3350 G01 X78.75	N4220 G03 X-2.926 I-2.926 K-5.494	N5100 Z282.857
N3360 Z108.857	N4230 G01 X-5.747 Z10.79	N5110 Z285.607
N3370 X50.	N4240 G02 X0 Z15.001 I-11.753 K22.065	N5120 X68.
	N4250 X5.747 Z10.79 I17.5 K17.854	N5130 G00 Y20.

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

N5140 X0 Z133.259	N6010 Z146.857	N6890 G02 X-17.499 Z45.855 I-6.111 K11.474
N5150 Y3.5	N6020 X-50.	N6900 G01 X-37. Z45.856
N5160 G01 Y-9. F250.	N6030 G02 X-19. Z177.857 I0 K31.	N6910 Z77.857
N5170 G02 X5.402 Z127.857 I50. K44.598	N6040 G01 Z252.857	N6920 G02 X-50. Z90.857 I-13. K-0
F2000.	N6050 G02 X-20.261 Z261.607 I-31. K-0	N6930 G01 X-96.75
N5180 X0 Z122.455 I44.598 K-50.	N6060 G01 X20.261	N6940 Z164.857
N5190 X-5.402 Z127.857 I-50. K-44.598	N6070 X29.815 Z267.607	N6950 X-50.
N5200 X0 Z133.259 I-44.598 K50.	N6080 G02 X25. Z252.857 I20.185 K-14.75	N6960 G02 X-37. Z177.857 I0 K13.
N5210 G01 Z142.914	N6090 G01 Z177.857	N6970 G01 Z252.857
N5220 G02 X15.057 Z127.857 I50. K34.943	N6100 G02 X50. Z152.857 I25. K-0	N6980 G02 X-50. Z265.857 I-13. K-0
N5230 X0 Z112.8 I34.943 K-50.	N6110 G01 X84.75	N6990 G01 X-62.
N5240 X-15.057 Z127.857 I-50. K-34.943	N6120 Z102.857	N7000 Z279.607
N5250 X0 Z142.914 I-34.943 K50.	N6130 X50.	N7010 X62.
N5260 G01 Z154.944	N6140 G02 X25. Z77.857 I0 K-25.	N7020 X68. Z285.607
N5270 G02 X27.087 Z127.857 I50. K22.913	N6150 G01 Z57.856	N7030 Z282.857
N5280 X0 Z100.77 I22.913 K-50.	N6160 X17.498 Z57.855	N7040 Z259.857
N5290 X-27.087 Z127.857 I-50. K-22.913	N6170 G02 X0 Z50.709 I002 K-25.	N7050 X50.
N5300 X0 Z154.944 I-22.913 K50.	N6180 X-17.498 Z57.855 I-17.5 K-17.854	N7060 G02 X43. Z252.857 I0 K-7.
N5310 G01 X1. Z243.607	N6190 G01 X-25. Z57.856	N7070 G01 Z177.857
N5320 Z177.857	N6200 Z77.857	N7080 G02 X50. Z170.857 I7. K-0
N5330 G02 X50. Z128.857 I49. K-0	N6210 G02 X-50. Z102.857 I-25. K-0	N7090 G01 X100.
N5340 G01 X60.75	N6220 G01 X-84.75	N7100 X102.75
N5350 Z126.857	N6230 Z152.857	N7110 Z84.857
N5360 X50.	N6240 X-50.	N7120 X100.
N5370 G02 X1.013 Z78.998 I0 K-49.	N6250 G02 X-25. Z177.857 I0 K25.	N7130 X50.
N5380 X0 Z78.623 I16.487 K-46.143	N6260 G01 Z252.857	N7140 G02 X43. Z77.857 I0 K-7.
N5390 X-1.013 Z78.998 I-17.5 K-45.768	N6270 G02 X-29.815 Z267.607 I-25. K-0	N7150 G01 Z39.857
N5400 X-50. Z126.857 I-48.987 K-1.141	N6280 G01 X29.815	N7160 X17.5 Z39.855
N5410 G01 X-60.75	N6290 X56. Z273.607	N7170 G02 X14.209 Z26.677 I0 K-7.
N5420 Z128.857	N6300 Z271.857	N7180 G03 X-14.209 I-14.209 K-26.677
N5430 X-50.	N6310 X50.	N7190 G02 X-17.5 Z39.855 I-3.291 K6.178
N5440 G02 X-1. Z177.857 I0 K49.	N6320 G02 X31. Z252.857 I0 K-19.	N7200 G01 X-43. Z39.857
N5450 G01 Z243.607	N6330 G01 Z177.857	N7210 Z77.857
N5460 X1.	N6340 G02 X50. Z158.857 I19. K-0	N7220 G02 X-50. Z84.857 I-7. K-0
N5470 X7. Z249.607	N6350 G01 X90.75	N7230 G01 X-100.
N5480 Z177.857	N6360 Z96.857	N7240 X-102.75
N5490 G02 X50. Z134.857 I43. K-0	N6370 X50.	N7250 Z170.857
N5500 G01 X66.75	N6380 G02 X31. Z77.857 I0 K-19.	N7260 X-100.
N5510 Z120.857	N6390 G01 Z51.856	N7270 X-50.
N5520 X50.	N6400 X17.499 Z51.855	N7280 G02 X-43. Z177.857 I0 K7.
N5530 G02 X7. Z77.857 I0 K-43.	N6410 G02 X0 Z40.254 I001 K-19.	N7290 G01 Z252.857
N5540 G01 Z74.553	N6420 X-17.499 Z51.855 I-17.5 K-7.399	N7300 G02 X-50. Z259.857 I-7. K-0
N5550 G02 X0 Z72.133 I10.5 K-41.698	N6430 G01 X-31. Z51.856	N7310 G01 X-68.
N5560 X-7. Z74.553 I-17.5 K-39.278	N6440 Z77.857	N7320 Z282.857
N5570 G01 Z77.857	N6450 G02 X-50. Z96.857 I-19. K-0	N7330 Z285.607
N5580 G02 X-50. Z120.857 I-43. K-0	N6460 G01 X-90.75	N7340 X68.
N5590 G01 X-66.75	N6470 Z158.857	N7350 Z282.857
N5600 Z134.857	N6480 X-50.	N7360 Z259.857
N5610 X-50.	N6490 G02 X-31. Z177.857 I0 K19.	N7370 X50.
N5620 G02 X-7. Z177.857 I0 K43.	N6500 G01 Z252.857	N7380 G02 X43. Z252.857 I0 K-7.
N5630 G01 Z249.607	N6510 G02 X-50. Z271.857 I-19. K-0	N7390 G01 Z177.857
N5640 X7.	N6520 G01 X-56.	N7400 G02 X50. Z170.857 I7. K-0
N5650 X13.102 Z255.607	N6530 Z273.607	N7410 G01 X100.
N5660 G02 X13. Z252.857 I36.898 K-2.75	N6540 X56.	N7420 X102.75
N5670 G01 Z177.857	N6550 X62. Z279.607	N7430 Z84.857
N5680 G02 X50. Z140.857 I37. K-0	N6560 Z265.857	N7440 X100.
N5690 G01 X72.75	N6570 X50.	N7450 X50.
N5700 Z114.857	N6580 G02 X37. Z252.857 I0 K-13.	N7460 G02 X43. Z77.857 I0 K-7.
N5710 X50.	N6590 G01 Z177.857	N7470 G01 Z39.857
N5720 G02 X13. Z77.857 I0 K-37.	N6600 G02 X50. Z164.857 I13. K-0	N7480 X17.5 Z39.855
N5730 G01 Z69.58	N6610 G01 X96.75	N7490 G02 X14.209 Z26.677 I0 K-7.
N5740 G02 X0 Z65.455 I4.5 K-36.725	N6620 Z90.857	N7500 G03 X-14.209 I-14.209 K-26.677
N5750 X-13. Z69.58 I-17.5 K-32.6	N6630 X50.	N7510 G02 X-17.5 Z39.855 I-3.291 K6.178
N5760 G01 Z77.857	N6640 G02 X37. Z77.857 I0 K-13.	N7520 G01 X-43. Z39.857
N5770 G02 X-50. Z114.857 I-37. K-0	N6650 G01 Z45.856	N7530 Z77.857
N5780 G01 X-72.75	N6660 X17.499 Z45.855	N7540 G02 X-50. Z84.857 I-7. K-0
N5790 Z140.857	N6670 G02 X11.389 Z21.381 I0 K-13.	N7550 G01 X-100.
N5800 X-50.	N6680 G03 X-11.389 I-11.389 K-21.381	N7560 X-102.75
N5810 G02 X-13. Z177.857 I0 K37.	N6690 G01 X-.106 Z.199	N7570 Z170.857
N5820 G01 Z252.857	N6700 G02 X0 Z.255 I-17.394 K32.656	N7580 X-100.
N5830 G02 X-13.102 Z255.607 I-37. K-0	N6710 X.106 Z.199 I17.5 K32.6	N7590 X-50.
N5840 G01 X13.102	N6720 G03 X-.106 I-.106 K-.199	N7600 G02 X-43. Z177.857 I0 K7.
N5850 X20.261 Z261.607	N6730 G01 X-2.926 Z5.494	N7610 G01 Z252.857
N5860 G02 X19. Z252.857 I29.739 K-8.75	N6740 G02 X0 Z7.267 I-14.574 K27.361	N7620 G02 X-50. Z259.857 I-7. K-0
N5870 G01 Z177.857	N6750 X2.926 Z5.494 I17.5 K25.588	N7630 G01 X-68.
N5880 G02 X50. Z146.857 I31. K-0	N6760 G03 X-2.926 I-2.926 K-5.494	N7640 Z282.857
N5890 G01 X78.75	N6770 G01 X-5.747 Z10.79	N7650 Z285.607
N5900 Z108.857	N6780 G02 X0 Z15.001 I-11.753 K22.065	N7660 X68.
N5910 X50.	N6790 X5.747 Z10.79 I17.5 K17.854	N7670 G00 Y20.
N5920 G02 X19. Z77.857 I0 K-31.	N6800 G03 X-5.747 I-5.747 K-10.79	N7680 Y60. M09
N5930 G01 Z63.855	N6810 G01 X-8.568 Z16.085	N7690 G53 D0
N5940 X17.498	N6820 G02 X0 Z25.456 I-8.932 K16.77	N7700 M30
N5950 G02 X0 Z58.443 I.002 K-31.	N6830 X8.568 Z16.085 I17.5 K7.399	
N5960 X-17.498 Z63.855 I-17.5 K-25.588	N6840 G03 X-8.568 I-8.568 K-16.085	
N5970 G01 X-19.	N6850 G01 X-5.747 Z10.79	
N5980 Z77.857	N6860 X-2.926 Z5.494	
N5990 G02 X-50. Z108.857 I-31. K-0	N6870 X-.106 Z.199	
N6000 G01 X-78.75	N6880 X-11.389 Z21.381	

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

“0103_desbaste_medio”

%MPF103	N840 G01 Z51.857	N1700 Z109.857
N10 G18 G71 G40	N850 X17.497 Z51.856	N1710 X100.
N20 G54	N860 G02 X0 Z40.258 I0 K-19.	N1720 X50.
N30 M79	N870 X-17.5 Z51.857 I-17.499 K-7.401	N1730 G02 X43. Z102.857 I0 K-7.
N40 S2500 M03	N880 G01 X-31.	N1740 G01 Z39.857
N50	N890 Z102.857	N1750 X17.498 Z39.856
N60 G90 G00 X0 Z129.944	N900 G02 X-50. Z121.857 I-19. K-0	N1760 G02 X14.208 Z26.678 I0 K-7.
N70 Y20.	N910 G01 X-90.75	N1770 G03 X-14.21 I-14.21 K-26.684
N80 G01 Y-13. F250.	N920 Z133.857	N1780 G02 X-17.5 Z39.857 I-3.29 K6.179
N90 G02 X1.01 Z127.857 I50. K22.913	N930 X-50.	N1790 G01 X-43.
F2000.	N940 G02 X-31. Z152.857 I0 K19.	N1800 Z102.857
N100 X0 Z125.77 I48.99 K-25.	N950 G01 Z273.607	N1810 G02 X-50. Z109.857 I-7. K-0
N110 X-1.01 Z127.857 I-50. K-22.913	N960 X31.	N1820 G01 X-100.
N120 X0 Z129.944 I-48.99 K25.	N970 X37. Z279.607	N1830 X-102.75
N130 G01 X1. Z243.607	N980 Z152.857	N1840 Z145.857
N140 Z152.857	N990 G02 X50. Z139.857 I13. K-0	N1850 X-100.
N150 G02 X7.857 Z127.857 I49. K-0	N1000 G01 X96.75	N1860 X-50.
N160 X1. Z102.857 I42.143 K-25.	N1010 Z115.857	N1870 G02 X-43. Z152.857 I0 K7.
N170 G01 Z78.995	N1020 X50.	N1880 G01 Z282.857
N180 G02 X0 Z78.626 I16.498 K-46.139	N1030 G02 X37. Z102.857 I0 K-13.	N1890 Z285.607
N190 X-1. Z78.996 I-17.5 K-45.768	N1040 G01 Z45.857	N1900 X43.
N200 G01 Z102.857	N1050 X17.497 Z45.856	N1910 G00 Y20.
N210 G02 X-7.857 Z127.857 I-49. K-0	N1060 G02 X11.388 Z21.382 I0 K-13.	N1920 X0 Z129.944
N220 X-1. Z152.857 I-42.143 K25.	N1070 G03 X-11.39 I-11.39 K-21.388	N1930 Y-3.
N230 G01 Z243.607	N1080 G01 X-111 Z.198	N1940 G01 Y-17. F250.
N240 X1.	N1090 G02 X-.002 Z.256 I-17.389 K32.659	N1950 G02 X1.01 Z127.857 I50. K22.913
N250 X7. Z249.607	N1100 X.107 Z.198 I17.5 K32.6	F2000.
N260 Z152.857	N1110 G03 X-.111 I-.109 K-.205	N1960 X0 Z125.77 I48.99 K-25.
N270 G02 X15.014 Z127.857 I43. K-0	N1120 G01 X-2.931 Z5.494	N1970 X-1.01 Z127.857 I-50. K-22.913
N280 X7. Z102.857 I34.986 K-25.	N1130 G02 X-.002 Z7.268 I-14.569 K27.363	N1980 X0 Z129.944 I-48.99 K25.
N290 G01 Z74.555	N1140 X2.927 Z5.494 I17.5 K25.588	N1990 G01 X1. Z243.607
N300 G02 X0 Z72.135 I10.498 K-41.699	N1150 G03 X-2.931 I-2.929 K-5.5	N2000 Z152.857
N310 X-7. Z74.556 I-17.5 K-39.278	N1160 G01 X-5.751 Z10.79	N2010 G02 X7.857 Z127.857 I49. K-0
N320 G01 Z102.857	N1170 G02 X-.002 Z15.002 I-11.749 K22.067	N2020 X1. Z102.857 I42.143 K-25.
N330 G02 X-15.014 Z127.857 I-43. K-0	N1180 X5.747 Z10.79 I17.5 K17.854	N2030 G01 Z78.995
N340 X-7. Z152.857 I-34.986 K25.	N1190 G03 X-5.751 I-5.749 K-10.796	N2040 G02 X0 Z78.626 I16.498 K-46.139
N350 G01 Z249.607	N1200 G01 X-8.571 Z16.086	N2050 X-1. Z78.996 I-17.5 K-45.768
N360 X7.	N1210 G02 X-.001 Z25.455 I-8.929 K16.771	N2060 G01 Z102.857
N370 X13. Z255.607	N1220 X8.567 Z16.086 I17.499 K7.401	N2070 G02 X-7.857 Z127.857 I-49. K-0
N380 Z152.857	N1230 G03 X-8.571 I-8.569 K-16.092	N2080 X-1. Z152.857 I-42.143 K25.
N390 G02 X22.724 Z127.857 I37. K-0	N1240 G01 X-5.751 Z10.79	N2090 G01 Z243.607
N400 X13. Z102.857 I27.276 K-25.	N1250 X-2.931 Z5.494	N2100 X1.
N410 G01 Z69.582	N1260 X-.111 Z.198	N2110 X7. Z249.607
N420 G02 X0 Z65.457 I4.498 K-36.726	N1270 X-11.39 Z21.382	N2120 Z152.857
N430 X-13. Z69.583 I-17.5 K-32.6	N1280 G02 X-17.5 Z45.857 I-6.11 K11.475	N2130 G02 X15.014 Z127.857 I43. K-0
N440 G01 Z102.857	N1290 G01 X-37.	N2140 X7. Z102.857 I34.986 K-25.
N450 G02 X-22.724 Z127.857 I-37. K-0	N1300 Z102.857	N2150 G01 Z74.555
N460 X-13. Z152.857 I-27.276 K25.	N1310 G02 X-50. Z115.857 I-13. K-0	N2160 G02 X0 Z72.135 I10.498 K-41.699
N470 G01 Z255.607	N1320 G01 X-96.75	N2170 X-7. Z74.556 I-17.5 K-39.278
N480 X13.	N1330 Z139.857	N2180 G01 Z102.857
N490 X19. Z261.607	N1340 X-50.	N2190 G02 X-15.014 Z127.857 I-43. K-0
N500 Z152.857	N1350 G02 X-37. Z152.857 I0 K13.	N2200 X-7. Z152.857 I-34.986 K25.
N510 G02 X31.67 Z127.857 I31. K-0	N1360 G01 Z279.607	N2210 G01 Z249.607
N520 X19. Z102.857 I18.33 K-25.	N1370 X37.	N2220 X7.
N530 G01 Z63.856	N1380 X43. Z285.607	N2230 X13. Z255.607
N540 X17.497	N1390 Z282.857	N2240 Z152.857
N550 G02 X0 Z58.445 I001 K-31.	N1400 Z152.857	N2250 G02 X22.724 Z127.857 I37. K-0
N560 X-17.5 Z63.857 I-17.5 K-25.588	N1410 G02 X50. Z145.857 I7. K-0	N2260 X13. Z102.857 I27.276 K-25.
N570 G01 X-19.	N1420 G01 X100.	N2270 G01 Z69.582
N580 Z102.857	N1430 X102.75	N2280 G02 X0 Z65.457 I4.498 K-36.726
N590 G02 X-31.67 Z127.857 I-31. K-0	N1440 Z109.857	N2290 X-13. Z69.583 I-17.5 K-32.6
N600 X-19. Z152.857 I-18.33 K25.	N1450 X100.	N2300 G01 Z102.857
N610 G01 Z261.607	N1460 X50.	N2310 G02 X-22.724 Z127.857 I-37. K-0
N620 X19.	N1470 G02 X43. Z102.857 I0 K-7.	N2320 X-13. Z152.857 I-27.276 K25.
N630 X25. Z267.607	N1480 G01 Z39.857	N2330 G01 Z255.607
N640 Z152.857	N1490 X17.498 Z39.856	N2340 X13.
N650 G02 X50. Z127.857 I25. K-0	N1500 G02 X14.208 Z26.678 I0 K-7.	N2350 X19. Z261.607
N660 X25. Z102.857 I0 K-25.	N1510 G03 X-14.21 I-14.21 K-26.684	N2360 Z152.857
N670 G01 Z57.856	N1520 G02 X-17.5 Z39.857 I-3.29 K6.179	N2370 G02 X31.67 Z127.857 I31. K-0
N680 X17.497	N1530 G01 X-43.	N2380 X19. Z102.857 I18.33 K-25.
N690 G02 X0 Z50.711 I0 K-25.	N1540 Z102.857	N2390 G01 Z63.856
N700 X-17.5 Z57.857 I-17.5 K-17.854	N1550 G02 X-50. Z109.857 I-7. K-0	N2400 X17.497
N710 G01 X-25.	N1560 G01 X-100.	N2410 G02 X0 Z58.445 I001 K-31.
N720 Z102.857	N1570 X-102.75	N2420 X-17.5 Z63.857 I-17.5 K-25.588
N730 G02 X-50. Z127.857 I-25. K-0	N1580 Z145.857	N2430 G01 X-19.
N740 X-25. Z152.857 I0 K25.	N1590 X-100.	N2440 Z102.857
N750 G01 Z267.607	N1600 X-50.	N2450 G02 X-31.67 Z127.857 I-31. K-0
N760 X25.	N1610 G02 X-43. Z152.857 I0 K7.	N2460 X-19. Z152.857 I-18.33 K25.
N770 X31. Z273.607	N1620 G01 Z282.857	N2470 G01 Z261.607
N780 Z152.857	N1630 Z285.607	N2480 X19.
N790 G02 X50. Z133.857 I19. K-0	N1640 X43.	N2490 X25. Z267.607
N800 G01 X90.75	N1650 Z282.857	N2500 Z152.857
N810 Z121.857	N1660 Z152.857	N2510 G02 X50. Z127.857 I25. K-0
N820 X50.	N1670 G02 X50. Z145.857 I7. K-0	N2520 X25. Z102.857 I0 K-25.
N830 G02 X31. Z102.857 I0 K-19.	N1680 G01 X100.	N2530 G01 Z57.856
	N1690 X102.75	N2540 X17.497

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

N2550 G02 X0 Z50.711 I0 K-25.	N3430 X-102.75	N4300 Z102.857
N2560 X-17.5 Z57.857 I-17.5 K-17.854	N3440 Z145.857	N4310 G02 X-31.67 Z127.857 I-31. K-0
N2570 G01 X-25.	N3450 X-100.	N4320 X-19. Z152.857 I-18.33 K25.
N2580 Z102.857	N3460 X-50.	N4330 G01 Z261.607
N2590 G02 X-50. Z127.857 I-25. K-0	N3470 G02 X-43. Z152.857 I0 K7.	N4340 X19.
N2600 X-25. Z152.857 I0 K25.	N3480 G01 Z282.857	N4350 X25. Z267.607
N2610 G01 Z267.607	N3490 Z285.607	N4360 Z152.857
N2620 X25.	N3500 X43.	N4370 G02 X50. Z127.857 I25. K-0
N2630 X31. Z273.607	N3510 Z282.857	N4380 X25. Z102.857 I0 K-25.
N2640 Z152.857	N3520 Z152.857	N4390 G01 Z57.856
N2650 G02 X50. Z133.857 I19. K-0	N3530 G02 X50. Z145.857 I7. K-0	N4400 X17.497
N2660 G01 X90.75	N3540 G01 X100.	N4410 G02 X0 Z50.711 I0 K-25.
N2670 Z121.857	N3550 X102.75	N4420 X-17.5 Z57.857 I-17.5 K-17.854
N2680 X50.	N3560 Z109.857	N4430 G01 X-25.
N2690 G02 X31. Z102.857 I0 K-19.	N3570 X100.	N4440 Z102.857
N2700 G01 Z51.857	N3580 X50.	N4450 G02 X-50. Z127.857 I-25. K-0
N2710 X17.497 Z51.856	N3590 G02 X43. Z102.857 I0 K-7.	N4460 X-25. Z152.857 I0 K25.
N2720 G02 X0 Z40.258 I0 K-19.	N3600 G01 Z39.857	N4470 G01 Z267.607
N2730 X-17.5 Z51.857 I-17.499 K-7.401	N3610 X17.498 Z39.856	N4480 X25.
N2740 G01 X-31.	N3620 G02 X14.208 Z26.678 I0 K-7.	N4490 X31. Z273.607
N2750 Z102.857	N3630 G03 X-14.21 I-14.21 K-26.684	N4500 Z152.857
N2760 G02 X-50. Z121.857 I-19. K-0	N3640 G02 X-17.5 Z39.857 I-3.29 K6.179	N4510 G02 X50. Z133.857 I19. K-0
N2770 G01 X-90.75	N3650 G01 X-43.	N4520 G01 X90.75
N2780 Z133.857	N3660 Z102.857	N4530 Z121.857
N2790 X-50.	N3670 G02 X-50. Z109.857 I-7. K-0	N4540 X50.
N2800 G02 X-31. Z152.857 I0 K19.	N3680 G01 X-100.	N4550 G02 X31. Z102.857 I0 K-19.
N2810 G01 Z273.607	N3690 X-102.75	N4560 G01 Z51.857
N2820 X31.	N3700 Z145.857	N4570 X17.497 Z51.856
N2830 X37. Z279.607	N3710 X-100.	N4580 G02 X0 Z40.258 I0 K-19.
N2840 Z152.857	N3720 X-50.	N4590 X-17.5 Z51.857 I-17.499 K-7.401
N2850 G02 X50. Z139.857 I13. K-0	N3730 G02 X-43. Z152.857 I0 K7.	N4600 G01 X-31.
N2860 G01 X96.75	N3740 G01 Z282.857	N4610 Z102.857
N2870 Z115.857	N3750 Z285.607	N4620 G02 X-50. Z121.857 I-19. K-0
N2880 X50.	N3760 X43.	N4630 G01 X-90.75
N2890 G02 X37. Z102.857 I0 K-13.	N3770 G00 Y20.	N4640 Z133.857
N2900 G01 Z45.857	N3780 X0 Z129.944	N4650 X-50.
N2910 X17.497 Z45.856	N3790 Y-7.	N4660 G02 X-31. Z152.857 I0 K19.
N2920 G02 X11.388 Z21.382 I0 K-13.	N3800 G01 Y-21. F250.	N4670 G01 Z273.607
N2930 G03 X-11.39 I-11.39 K-21.388	N3810 G02 X1.01 Z127.857 I50. K22.913	N4680 X31.
N2940 G01 X-.111 Z.198	F2000.	N4690 X37. Z279.607
N2950 G02 X-.002 Z.256 I-17.389 K32.659	N3820 X0 Z125.77 I48.99 K-25.	N4700 Z152.857
N2960 X.107 Z.198 I17.5 K32.6	N3830 X-1.01 Z127.857 I-50. K-22.913	N4710 G02 X50. Z139.857 I13. K-0
N2970 G03 X-.111 I-.109 K-.205	N3840 X0 Z129.944 I-48.99 K25.	N4720 G01 X96.75
N2980 G01 X-2.931 Z5.494	N3850 G01 X1. Z243.607	N4730 Z115.857
N2990 G02 X-.002 Z7.268 I-14.569 K27.363	N3860 Z152.857	N4740 X50.
N3000 X2.927 Z5.494 I17.5 K25.588	N3870 G02 X7.857 Z127.857 I49. K-0	N4750 G02 X37. Z102.857 I0 K-13.
N3010 G03 X-2.931 I-2.929 K-5.5	N3880 X1. Z102.857 I42.143 K-25.	N4760 G01 Z45.857
N3020 G01 X-5.751 Z10.79	N3890 G01 Z78.995	N4770 X17.497 Z45.856
N3030 G02 X-.002 Z15.002 I-11.749 K22.067	N3900 G02 X0 Z78.626 I16.498 K-46.139	N4780 G02 X11.388 Z21.382 I0 K-13.
N3040 X5.747 Z10.79 I17.5 K17.854	N3910 X-1. Z78.996 I-17.5 K-45.768	N4790 G03 X-11.39 I-11.39 K-21.388
N3050 G03 X-5.751 I-5.749 K-10.796	N3920 G01 Z102.857	N4800 G01 X-.111 Z.198
N3060 G01 X-8.571 Z16.086	N3930 G02 X-7.857 Z127.857 I-49. K-0	N4810 G02 X-.002 Z.256 I-17.389 K32.659
N3070 G02 X-.001 Z25.455 I-8.929 K16.771	N3940 X-1. Z152.857 I-42.143 K25.	N4820 X.107 Z.198 I17.5 K32.6
N3080 X8.567 Z16.086 I17.499 K7.401	N3950 G01 Z243.607	N4830 G03 X-.111 I-.109 K-.205
N3090 G03 X-8.571 I-8.569 K-16.092	N3960 X1.	N4840 G01 X-2.931 Z5.494
N3100 G01 X-5.751 Z10.79	N3970 X7. Z249.607	N4850 G02 X-.002 Z7.268 I-14.569 K27.363
N3110 X-2.931 Z5.494	N3980 Z152.857	N4860 X2.927 Z5.494 I17.5 K25.588
N3120 X-.111 Z.198	N3990 G02 X15.014 Z127.857 I43. K-0	N4870 G03 X-2.931 I-2.929 K-5.5
N3130 X-11.39 Z21.382	N4000 X7. Z102.857 I34.986 K-25.	N4880 G01 X-5.751 Z10.79
N3140 G02 X-17.5 Z45.857 I-6.11 K11.475	N4010 G01 Z74.555	N4890 G02 X-.002 Z15.002 I-11.749 K22.067
N3150 G01 X-37.	N4020 G02 X0 Z72.135 I10.498 K-41.699	N4900 X5.747 Z10.79 I17.5 K17.854
N3160 Z102.857	N4030 X-7. Z74.556 I-17.5 K-39.278	N4910 G03 X-5.751 I-5.749 K-10.796
N3170 G02 X-50. Z115.857 I-13. K-0	N4040 G01 Z102.857	N4920 G01 X-8.571 Z16.086
N3180 G01 X-96.75	N4050 G02 X-15.014 Z127.857 I-43. K-0	N4930 G02 X-.001 Z25.455 I-8.929 K16.771
N3190 Z139.857	N4060 X-7. Z152.857 I-34.986 K25.	N4940 X8.567 Z16.086 I17.499 K7.401
N3200 X-50.	N4070 G01 Z249.607	N4950 G03 X-8.571 I-8.569 K-16.092
N3210 G02 X-37. Z152.857 I0 K13.	N4080 X7.	N4960 G01 X-5.751 Z10.79
N3220 G01 Z279.607	N4090 X13. Z255.607	N4970 X-2.931 Z5.494
N3230 X37.	N4100 Z152.857	N4980 X-.111 Z.198
N3240 X43. Z285.607	N4110 G02 X22.724 Z127.857 I37. K-0	N4990 X-11.39 Z21.382
N3250 Z282.857	N4120 X13. Z102.857 I27.276 K-25.	N5000 G02 X-17.5 Z45.857 I-6.11 K11.475
N3260 Z152.857	N4130 G01 Z69.582	N5010 G01 X-37.
N3270 G02 X50. Z145.857 I7. K-0	N4140 G02 X0 Z65.457 I4.498 K-36.726	N5020 Z102.857
N3280 G01 X100.	N4150 X-13. Z69.583 I-17.5 K-32.6	N5030 G02 X-50. Z115.857 I-13. K-0
N3290 X102.75	N4160 G01 Z102.857	N5040 G01 X-96.75
N3300 Z109.857	N4170 G02 X-22.724 Z127.857 I-37. K-0	N5050 Z139.857
N3310 X100.	N4180 X-13. Z152.857 I-27.276 K25.	N5060 X-50.
N3320 X50.	N4190 G01 Z255.607	N5070 G02 X-37. Z152.857 I0 K13.
N3330 G02 X43. Z102.857 I0 K-7.	N4200 X13.	N5080 G01 Z279.607
N3340 G01 Z39.857	N4210 X19. Z261.607	N5090 X37.
N3350 X17.498 Z39.856	N4220 Z152.857	N5100 X43. Z285.607
N3360 G02 X14.208 Z26.678 I0 K-7.	N4230 G02 X31.67 Z127.857 I31. K-0	N5110 Z282.857
N3370 G03 X-14.21 I-14.21 K-26.684	N4240 X19. Z102.857 I18.33 K-25.	N5120 Z152.857
N3380 G02 X-17.5 Z39.857 I-3.29 K6.179	N4250 G01 Z63.856	N5130 G02 X50. Z145.857 I7. K-0
N3390 G01 X-43.	N4260 X17.497	N5140 G01 X100.
N3400 Z102.857	N4270 G02 X0 Z58.445 I.001 K-31.	N5150 X102.75
N3410 G02 X-50. Z109.857 I-7. K-0	N4280 X-17.5 Z63.857 I-17.5 K-25.588	N5160 Z109.857
N3420 G01 X-100.	N4290 G01 X-19.	N5170 X100.

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

N5180 X50.
N5190 G02 X43. Z102.857 I0 K-7.
N5200 G01 Z39.857
N5210 X17.498 Z39.856
N5220 G02 X14.208 Z26.678 I0 K-7.
N5230 G03 X-14.21 I-14.21 K-26.684
N5240 G02 X-17.5 Z39.857 I-3.29 K6.179
N5250 G01 X-43.
N5260 Z102.857
N5270 G02 X-50. Z109.857 I-7. K-0
N5280 G01 X-100.
N5290 X-102.75
N5300 Z145.857
N5310 X-100.
N5320 X-50.
N5330 G02 X-43. Z152.857 I0 K7.
N5340 G01 Z282.857
N5350 Z285.607
N5360 X43.
N5370 Z282.857
N5380 Z152.857
N5390 G02 X50. Z145.857 I7. K-0
N5400 G01 X100.
N5410 X102.75
N5420 Z109.857
N5430 X100.
N5440 X50.
N5450 G02 X43. Z102.857 I0 K-7.
N5460 G01 Z39.857
N5470 X17.498 Z39.856
N5480 G02 X14.208 Z26.678 I0 K-7.
N5490 G03 X-14.21 I-14.21 K-26.684
N5500 G02 X-17.5 Z39.857 I-3.29 K6.179
N5510 G01 X-43.
N5520 Z102.857
N5530 G02 X-50. Z109.857 I-7. K-0
N5540 G01 X-100.
N5550 X-102.75
N5560 Z145.857
N5570 X-100.
N5580 X-50.
N5590 G02 X-43. Z152.857 I0 K7.
N5600 G01 Z282.857
N5610 Z285.607
N5620 X43.
N5630 G00 Y20.
N5640 Y60. M09
N5650 G53 D0
N5660 M30

“0104_desbaste_inferior”

%MPF104
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X1.01 Z127.857
N70 Y20.
N80 G01 Y-25. F250.
N90 G02 X0 Z125.77 I48.99 K-25. F2000.
N100 X-1.01 Z127.857 I-50. K-22.913
N110 X0 Z129.944 I-48.99 K25.
N120 X1.01 Z127.857 I50. K22.913
N130 G01 X7.857
N140 G02 X1. Z102.857 I42.143 K-25.
N150 G01 Z78.996
N160 G02 X0 Z78.626 I16.5 K-46.138
N170 X-1. Z78.996 I-17.5 K-45.768
N180 G01 Z102.857
N190 G02 X-7.857 Z127.857 I-49. K-0
N200 X-1. Z152.857 I-42.143 K25.
N210 G01 Z243.607
N220 X1.
N230 Z152.857
N240 G02 X7.857 Z127.857 I49. K-0
N250 G01 X15.014
N260 G02 X7. Z102.857 I34.986 K-25.
N270 G01 Z74.556
N280 G02 X0 Z72.135 I10.5 K-41.698
N290 X-7. Z74.556 I-17.5 K-39.278
N300 G01 Z102.857
N310 G02 X-15.014 Z127.857 I-43. K-0
N320 X-7. Z152.857 I-34.986 K25.
N330 G01 Z249.607

N340 X7.
N350 Z152.857
N360 G02 X15.014 Z127.857 I43. K-0
N370 G01 X22.724
N380 G02 X13. Z102.857 I27.276 K-25.
N390 G01 Z69.583
N400 G02 X0 Z65.457 I4.5 K-36.725
N410 X-13. Z69.583 I-17.5 K-32.6
N420 G01 Z102.857
N430 G02 X-22.724 Z127.857 I-37. K-0
N440 X-13. Z152.857 I-27.276 K25.
N450 G01 Z255.607
N460 X13.
N470 Z152.857
N480 G02 X22.724 Z127.857 I37. K-0
N490 G01 X31.67
N500 G02 X19. Z102.857 I18.33 K-25.
N510 G01 Z63.857
N520 X17.5
N530 G02 X0 Z58.445 I0 K-31.
N540 X-17.5 Z63.857 I-17.5 K-25.588
N550 G01 X-19.
N560 Z102.857
N570 G02 X-31.67 Z127.857 I-31. K-0
N580 X-19. Z152.857 I-18.33 K25.
N590 G01 Z261.607
N600 X19.
N610 Z152.857
N620 G02 X31.67 Z127.857 I31. K-0
N630 G01 X50.
N640 G02 X25. Z102.857 I0 K-25.
N650 G01 Z57.857
N660 X17.5
N670 G02 X0 Z50.711 I0 K-25.

N680 X-17.5 Z57.857 I-17.5 K-17.854
N690 G01 X-25.
N700 Z102.857
N710 G02 X-50. Z127.857 I-25. K-0
N720 X-25. Z152.857 I0 K25.
N730 G01 Z267.607
N740 X25.
N750 Z152.857
N760 G02 X50. Z127.857 I25. K-0
N770 G01 X90.75 Z121.857
N780 X50.
N790 G02 X31. Z102.857 I0 K-19.
N800 G01 Z51.857
N810 X17.5
N820 G02 X0 Z40.257 I0 K-19.
N830 X-17.5 Z51.857 I-17.5 K-7.399
N840 G01 X-31.
N850 Z102.857
N860 G02 X-50. Z121.857 I-19. K-0
N870 G01 X-90.75
N880 Z133.857
N890 X-50.
N900 G02 X-31. Z152.857 I0 K19.
N910 G01 Z273.607
N920 X31.
N930 Z152.857
N940 G02 X50. Z133.857 I19. K-0
N950 G01 X90.75
N960 Z121.857
N970 X96.75 Z115.857
N980 X50.
N990 G02 X37. Z102.857 I0 K-13.
N1000 G01 Z45.857
N1010 X17.5

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

N1020 G02 X4.5 Z32.857 I0 K-13.	N1530 X17.5
N1030 G01 Z14.5	N1540 G02 X10.5 Z32.857 I0 K-7.
N1040 G03 X-4.5 I-4.5 K-0	N1550 G01 Z14.5
N1050 G01 Z32.857	N1560 G03 X-10.5 I-10.5 K-0
N1060 G02 X-17.5 Z45.857 I-13. K-0	N1570 G01 Z32.857
N1070 G01 X-37.	N1580 G02 X-17.5 Z39.857 I-7. K-0
N1080 Z102.857	N1590 G01 X-43.
N1090 G02 X-50. Z115.857 I-13. K-0	N1600 Z102.857
N1100 G01 X-96.75	N1610 G02 X-50. Z109.857 I-7. K-0
N1110 Z139.857	N1620 G01 X-100.
N1120 X-50.	N1630 X-102.75
N1130 G02 X-37. Z152.857 I0 K13.	N1640 Z145.857
N1140 G01 Z279.607	N1650 X-100.
N1150 X37.	N1660 X-50.
N1160 Z152.857	N1670 G02 X-43. Z152.857 I0 K7.
N1170 G02 X50. Z139.857 I13. K-0	N1680 G01 Z282.857
N1180 G01 X96.75	N1690 Z285.607
N1190 Z115.857	N1700 X43.
N1200 X102.75 Z109.857	N1710 Z282.857
N1210 X100.	N1720 Z152.857
N1220 X50.	N1730 G02 X50. Z145.857 I7. K-0
N1230 G02 X43. Z102.857 I0 K-7.	N1740 G01 X100.
N1240 G01 Z39.857	N1750 X102.75
N1250 X17.5	N1760 Z109.857
N1260 G02 X10.5 Z32.857 I0 K-7.	N1770 G00 Y20.
N1270 G01 Z14.5	N1780 Y60. M09
N1280 G03 X-10.5 I-10.5 K-0	N1790 G53 D0
N1290 G01 Z32.857	N1800 M30
N1300 G02 X-17.5 Z39.857 I-7. K-0	
N1310 G01 X-43.	
N1320 Z102.857	
N1330 G02 X-50. Z109.857 I-7. K-0	
N1340 G01 X-100.	
N1350 X-102.75	
N1360 Z145.857	
N1370 X-100.	
N1380 X-50.	
N1390 G02 X-43. Z152.857 I0 K7.	
N1400 G01 Z282.857	
N1410 Z285.607	
N1420 X43.	
N1430 Z282.857	
N1440 Z152.857	
N1450 G02 X50. Z145.857 I7. K-0	
N1460 G01 X100.	
N1470 X102.75	
N1480 Z109.857	
N1490 X100.	
N1500 X50.	
N1510 G02 X43. Z102.857 I0 K-7.	
N1520 G01 Z39.857	

**“0105_desbaste_vientos
_lat”**

%MPF105	N310 G00 Y20.	N620 X-69. F2000.
N10 G18 G71 G40	N320 X90.75 Z121.857	N630 Z121.857
N20 G54	N330 Y-19.	N640 X-90.75
N30 M79	N340 G01 Y-32. F250.	N650 Z133.857
N40 S2500 M03	N350 X69. F2000.	N660 X-96.75 Z139.857
N50	N360 Z133.857	N670 X-63.
N60 G90 G00 X90.75 Z121.857	N370 X90.75	N680 Z115.857
N70 Y20.	N380 Z121.857	N690 X-96.75
N80 G01 Y-29. F250.	N390 X96.75 Z115.857	N700 Z139.857
N90 X69. F2000.	N400 X63.	N710 X-102.75 Z145.857
N100 Z133.857	N410 Z139.857	N720 X-100.
N110 X90.75	N420 X96.75	N730 X-57.
N120 Z121.857	N430 Z115.857	N740 Z109.857
N130 X96.75 Z115.857	N440 X102.75 Z109.857	N750 X-100.
N140 X63.	N450 X100.	N760 X-102.75
N150 Z139.857	N460 X57.	N770 Z145.857
N160 X96.75	N470 Z145.857	N780 X-100.
N170 Z115.857	N480 X100.	N790 X-57.
N180 X102.75 Z109.857	N490 X102.75	N800 Z109.857
N190 X100.	N500 Z109.857	N810 X-100.
N200 X57.	N510 X100.	N820 X-102.75
N210 Z145.857	N520 X57.	N830 Z145.857
N220 X100.	N530 Z145.857	N840 G00 Y20.
N230 X102.75	N540 X100.	N850 X-90.75 Z133.857
N240 Z109.857	N550 X102.75	N860 Y-19.
N250 X100.	N560 Z109.857	N870 G01 Y-32. F250.
N260 X57.	N570 G00 Y20.	N880 X-69. F2000.
N270 Z145.857	N580 Y60.	N890 Z121.857
N280 X100.	N590 X-90.75 Z133.857	N900 X-90.75
N290 X102.75	N600 Y20.	N910 Z133.857
N300 Z109.857	N610 G01 Y-29. F250.	N920 X-96.75 Z139.857

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

N930 X-63.
N940 Z115.857
N950 X-96.75
N960 Z139.857
N970 X-102.75 Z145.857
N980 X-100.
N990 X-57.
N1000 Z109.857
N1010 X-100.
N1020 X-102.75
N1030 Z145.857
N1040 X-100.
N1050 X-57.
N1060 Z109.857
N1070 X-100.
N1080 X-102.75
N1090 Z145.857
N1100 G00 Y20.
N1110 Y60. M09
N1120 G53 D0
N1130 M30

**“0106_desbaste_viento
_sup”**

%MPF106
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X31. Z273.607
N70 Y20.
N80 G01 Y-29. F250.
N90 Z271.857 F2000.
N100 X-31.
N110 Z273.607
N120 X31.
N130 X37. Z279.607
N140 Z265.857
N150 X-37.
N160 Z279.607
N170 X37.
N180 X43. Z285.607
N190 Z282.857
N200 Z259.857
N210 X-43.
N220 Z282.857
N230 Z285.607
N240 X43.
N250 Z282.857
N260 Z259.857
N270 X-43.
N280 Z282.857
N290 Z285.607
N300 X43.
N310 G00 Y20.
N320 X31. Z273.607
N330 Y-19.
N340 G01 Y-32. F250.
N350 Z271.857 F2000.
N360 X-31.
N370 Z273.607
N380 X31.
N390 X37. Z279.607
N400 Z265.857
N410 X-37.
N420 Z279.607
N430 X37.
N440 X43. Z285.607
N450 Z282.857
N460 Z259.857
N470 X-43.
N480 Z282.857
N490 Z285.607
N500 X43.
N510 Z282.857
N520 Z259.857
N530 X-43.
N540 Z282.857
N550 Z285.607
N560 X43.
N570 G00 Y20.
N580 Y60. M09
N590 G53 D0
N600 M30

**“0107_acabado
contorno_sup”**

%MPF107
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X100. Z80.857
N70 Y15.
N80 G01 Y-9. F250.
N90 X47. F2000.
N100 Z35.857
N110 X14.5 Z35.855
N120 X13.442 Z31.618
N130 X16.09 Z30.207
N140 G03 X-16.09 I-16.09 K-30.207
N150 G01 X-13.442 Z31.618
N160 X-14.5 Z35.855
N170 X-47. Z35.857
N180 Z80.857
N190 X-100.
N200 G00 Y15.
N210 X72. Z282.857
N220 G01 Y-9. F250.
N230 Z255.857 F2000.
N240 X47.
N250 Z174.857
N260 X100.
N270 G00 Y15.
N280 X-100. Z174.857
N290 G01 Y-9. F250.
N300 X-47. F2000.
N310 Z255.857
N320 X-72.
N330 Z282.857
N340 G00 Y15.
N350 Y60. M09
N360 G53 D0
N370 M30

**“0108_acabado
contorno_medio”**

%MPF108
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X100. Z105.857
N70 Y15.
N80 G01 Y-21. F250.
N90 X47. F2000.
N100 Z35.857
N110 X14.498 Z35.856
N120 X13.44 Z31.618
N130 X16.088 Z30.208
N140 G03 X-16.09 Z30.209 I-16.09 K-30.215
N150 G01 X-13.442 Z31.619
N160 X-14.5 Z35.857
N170 X-47.
N180 Z105.857
N190 X-100.
N200 G00 Y15.
N210 X47. Z282.857
N220 G01 Y-21. F250.
N230 Z149.857 F2000.
N240 X100.
N250 G00 Y15.
N260 X-100. Z149.857
N270 G01 Y-21. F250.
N280 X-47. F2000.
N290 Z282.857
N300 G00 Y15.
N310 Y60. M09
N320 G53 D0
N330 M30

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

**“0109_acabado
contorno_inf”**

%MPF109
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X-100. Z149.857
N70 Y15.
N80 G01 Y-25. F250.
N90 X-47. F2000.
N100 Z282.857
N110 G00 Y15.
N120 X100. Z105.857
N130 G01 Y-25. F250.
N140 X47. F2000.
N150 Z35.857
N160 X14.5
N170 Z14.5
N180 G03 X-14.5 I-14.5 K-0
N190 G01 Z35.857
N200 X-47.
N210 Z105.857
N220 X-100.
N230 G00 Y15.
N240 X47. Z282.857
N250 G01 Y-25. F250.
N260 Z149.857 F2000.
N270 X100.
N280 G00 Y15.
N290 Y60. M09
N300 G53 D0
N310 M30

**“0110_acabado
contorno_vientos_lat”**

%MPF110
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X100. Z105.857
N70 Y15.
N80 G01 Y-32. F250.
N90 X53. F2000.
N100 Z149.857
N110 X100.
N120 G00 Y15.
N130 Y60.
N140 X-100. Z149.857
N150 Y15.
N160 G01 Y-32. F250.
N170 X-53. F2000.
N180 Z105.857
N190 X-100.
N200 G00 Y15.
N210 Y60. M09
N220 G53 D0
N230 M30

**“0111_acabado
contorno_viento_sup”**

%MPF111
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X47. Z282.857
N70 Y15.
N80 G01 Y-32. F250.
N90 Z255.857 F2000.
N100 X-47.
N110 Z282.857
N120 G00 Y15.
N130 Y60. M09
N140 G53 D0
N150 M30

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

“0118_contorno_abierto_1”

%MPF118
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X-106. Z102.857
N70 Y5.
N80 G01 Y-4. F250.
N90 Z-68.143 F2000.
N100 X106.
N110 Z102.857
N120 G00 Y5.
N130 X-106. Z102.857
N140 Y1.
N150 G01 Y-8. F250.
N160 Z-68.143 F2000.
N170 X106.
N180 Z102.857
N190 G00 Y5.
N200 X-106. Z102.857
N210 Y-3.
N220 G01 Y-12. F250.
N230 Z-68.143 F2000.
N240 X106.
N250 Z102.857
N260 G00 Y5.
N270 X-106. Z102.857
N280 Y-7.
N290 G01 Y-16. F250.
N300 Z-68.143 F2000.
N310 X106.
N320 Z102.857
N330 G00 Y5.
N340 X-106. Z102.857
N350 Y-11.
N360 G01 Y-20. F250.
N370 Z-68.143 F2000.
N380 X106.
N390 Z102.857
N400 G00 Y5.
N410 X-106. Z102.857
N420 Y-15.
N430 G01 Y-24. F250.
N440 Z-68.143 F2000.
N450 X106.
N460 Z102.857
N470 G00 Y5.
N480 X-106. Z102.857
N490 Y-19.
N500 G01 Y-28. F250.
N510 Z-68.143 F2000.
N520 X106.
N530 Z102.857
N540 G00 Y5.
N550 X-106. Z102.857
N560 Y-23.
N570 G01 Y-32. F250.
N580 Z-68.143 F2000.
N590 X106.
N600 Z102.857
N610 G00 Y5.
N620 X-106. Z102.857
N630 Y-27.
N640 G01 Y-36. F250.
N650 Z-68.143 F2000.
N660 X106.
N670 Z102.857
N680 G00 Y5.
N690 X-106. Z102.857
N700 Y-31.
N710 G01 Y-40. F250.
N720 Z-68.143 F2000.
N730 X106.
N740 Z102.857
N750 G00 Y5.
N760 Y50. M09
N770 G53 D0
N780 M30

“0119_contorno_abierto_2”

%MPF119
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X106. Z102.857
N70 Y5.
N80 G01 Y-4. F250.
N90 Z288.857 F2000.
N100 X-106.
N110 Z102.857
N120 G00 Y5.
N130 X106. Z102.857
N140 Y1.
N150 G01 Y-8. F250.
N160 Z288.857 F2000.
N170 X-106.
N180 Z102.857
N190 G00 Y5.
N200 X106. Z102.857
N210 Y-3.
N220 G01 Y-12. F250.
N230 Z288.857 F2000.
N240 X-106.
N250 Z102.857
N260 G00 Y5.
N270 X106. Z102.857
N280 Y-7.
N290 G01 Y-16. F250.
N300 Z288.857 F2000.
N310 X-106.
N320 Z102.857
N330 G00 Y5.
N340 X106. Z102.857
N350 Y-11.
N360 G01 Y-20. F250.
N370 Z288.857 F2000.
N380 X-106.
N390 Z102.857
N400 G00 Y5.
N410 X106. Z102.857
N420 Y-15.
N430 G01 Y-24. F250.
N440 Z288.857 F2000.
N450 X-106.
N460 Z102.857
N470 G00 Y5.
N480 X106. Z102.857
N490 Y-19.
N500 G01 Y-28. F250.
N510 Z288.857 F2000.
N520 X-106.
N530 Z102.857
N540 G00 Y5.
N550 X106. Z102.857
N560 Y-23.
N570 G01 Y-32. F250.
N580 Z288.857 F2000.
N590 X-106.
N600 Z102.857
N610 G00 Y5.
N620 X106. Z102.857
N630 Y-27.
N640 G01 Y-36. F250.
N650 Z288.857 F2000.
N660 X-106.
N670 Z102.857
N680 G00 Y5.
N690 X106. Z102.857
N700 Y-31.
N710 G01 Y-40. F250.
N720 Z288.857 F2000.
N730 X-106.
N740 Z102.857
N750 G00 Y5.
N760 Y50. M09
N770 G53 D0
N780 M30

“0120_planeado_inf_1”

%MPF120
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X103. Z-3.
N70 Y20.
N80 G01 Y5. F250.
N90 X-103. F2000.
N100 Z3.
N110 X103.
N120 Z9.
N130 X-103.
N140 Z15.
N150 X103.
N160 Z21.
N170 X-103.
N180 Z27.
N190 X103.
N200 Z33.
N210 X-103.
N220 Z39.
N230 X103.
N240 Z45.
N250 X-103.
N260 Z51.
N270 X103.
N280 Z57.
N290 X-103.
N300 Z63.
N310 X103.
N320 Z69.
N330 X-103.
N340 Z75.
N350 X103.
N360 Z81.
N370 X-103.
N380 Z87.
N390 X103.
N400 Z93.
N410 X-103.
N420 Z99.
N430 X103.
N440 Z105.
N450 X-103.
N460 Z111.
N470 X103.
N480 Z117.
N490 X-103.
N500 Z123.
N510 X103.
N520 Z129.
N530 X-103.
N540 Z135.
N550 X103.
N560 Z141.
N570 X-103.
N580 Z147.
N590 X103.
N600 Z153.
N610 X-103.
N620 Z159.
N630 X103.
N640 Z165.
N650 X-103.
N660 Z168.
N670 X103.
N680 G00 Y20.
N690 X103. Z-3.
N700 Y15.
N710 G01 Y0 F250.
N720 X-103. F2000.
N730 Z3.
N740 X103.
N750 Z9.
N760 X-103.
N770 Z15.
N780 X103.
N790 Z21.
N800 X-103.
N810 Z27.
N820 X103.
N830 Z33.
N840 X-103.

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

N850 Z39.
N860 X103.
N870 Z45.
N880 X-103.
N890 Z51.
N900 X103.
N910 Z57.
N920 X-103.
N930 Z63.
N940 X103.
N950 Z69.
N960 X-103.
N970 Z75.
N980 X103.
N990 Z81.
N1000 X-103.
N1010 Z87.
N1020 X103.
N1030 Z93.
N1040 X-103.
N1050 Z99.
N1060 X103.
N1070 Z105.
N1080 X-103.
N1090 Z111.
N1100 X103.
N1110 Z117.
N1120 X-103.
N1130 Z123.
N1140 X103.
N1150 Z129.
N1160 X-103.
N1170 Z135.
N1180 X103.
N1190 Z141.
N1200 X-103.
N1210 Z147.
N1220 X103.
N1230 Z153.
N1240 X-103.
N1250 Z159.
N1260 X103.
N1270 Z165.
N1280 X-103.
N1290 Z168.
N1300 X103.
N1310 G00 Y20.
N1320 Y60. M09
N1330 G53 D0
N1340 M30

“0121_planeado_inf_2”

%MPF121
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X103. Z162.
N70 Y20.
N80 G01 Y5. F250.
N90 X-103. F2000.
N100 Z168.
N110 X103.
N120 Z174.
N130 X-103.
N140 Z180.
N150 X103.
N160 Z186.
N170 X-103.
N180 Z192.
N190 X103.
N200 Z198.
N210 X-103.
N220 Z204.
N230 X103.
N240 Z210.
N250 X-103.
N260 Z216.
N270 X103.
N280 Z222.
N290 X-103.
N300 Z228.
N310 X103.
N320 Z234.

N330 X-103.
N340 Z240.
N350 X103.
N360 Z246.
N370 X-103.
N380 Z252.
N390 X103.
N400 Z258.
N410 X-103.
N420 Z264.
N430 X103.
N440 Z270.
N450 X-103.
N460 Z276.
N470 X103.
N480 Z282.
N490 X-103.
N500 Z288.
N510 X103.
N520 Z294.
N530 X-103.
N540 Z300.
N550 X103.
N560 Z306.
N570 X-103.
N580 Z312.
N590 X103.
N600 Z318.
N610 X-103.
N620 Z324.
N630 X103.
N640 Z330.
N650 X-103.

N660 Z336.
N670 X103.
N680 Z342.
N690 X-103.
N700 Z348.
N710 X103.
N720 G00 Y20.
N730 X103. Z162.
N740 Y15.
N750 G01 Y0 F250.
N760 X-103. F2000.
N770 Z168.
N780 X103.
N790 Z174.
N800 X-103.
N810 Z180.
N820 X103.
N830 Z186.
N840 X-103.
N850 Z192.
N860 X103.
N870 Z198.
N880 X-103.
N890 Z204.
N900 X103.
N910 Z210.
N920 X-103.
N930 Z216.
N940 X103.
N950 Z222.
N960 X-103.
N970 Z228.
N980 X103.

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

N990 Z234.
N1000 X-103.
N1010 Z240.
N1020 X103.
N1030 Z246.
N1040 X-103.
N1050 Z252.
N1060 X103.
N1070 Z258.
N1080 X-103.
N1090 Z264.
N1100 X103.
N1110 Z270.
N1120 X-103.
N1130 Z276.
N1140 X103.
N1150 Z282.
N1160 X-103.
N1170 Z288.
N1180 X103.
N1190 Z294.
N1200 X-103.
N1210 Z300.
N1220 X103.
N1230 Z306.
N1240 X-103.
N1250 Z312.
N1260 X103.
N1270 Z318.
N1280 X-103.
N1290 Z324.
N1300 X103.
N1310 Z330.
N1320 X-103.
N1330 Z336.
N1340 X103.
N1350 Z342.
N1360 X-103.
N1370 Z348.
N1380 X103.
N1390 G00 Y20.
N1400 Y60. M09
N1410 G53 D0
N1420 M30

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

➔ PARTE FIJA DEL
MOLDE

“0201_desbaste_sup”

%MPF201	N790 G01 X72.75	N1580 G01 X-17.5
N10 G18 G71 G40	N800 X78.75 Z261.61	N1590 G02 X-8.569 Z16.09 I0 K19.
N20 G54	N810 Z-40.89	N1600 G03 X8.569 I8.569 K-16.09
N30 M79	N820 X-78.75	N1610 G02 X17.5 Z13.86 I8.931 K16.77
N40 S2500 M03	N830 Z261.61	N1620 G01 X50.
N50	N840 X78.75	N1630 G02 X60.75 Z17.194 I0 K19.
N60 G90 G00 X42.75 Z-4.14	N850 X84.75 Z267.61	N1640 G01 X66.75 Z249.61
N70 Y17.	N860 Z-46.89	N1650 Z-28.89
N80 G01 Y1. F250.	N870 X-84.75	N1660 X-66.75
N90 Z-4.89 F2000.	N880 Z267.61	N1670 Z249.61
N100 X-42.75	N890 X84.75	N1680 X-63.
N110 Z-4.14	N900 X90.75 Z273.61	N1690 Z32.86
N120 X-17.5	N910 Z-52.89	N1700 G02 X-50. Z19.86 I13. K-0
N130 G02 X-.108 Z.202 I0 K37.	N920 X-90.75	N1710 G01 X-17.5
N140 G03 X.108 I.108 K-.202	N930 Z273.61	N1720 G02 X-11.389 Z21.386 I0 K13.
N150 G02 X17.5 Z-4.14 I17.392 K32.658	N940 X90.75	N1730 G03 X11.389 I11.389 K-21.386
N160 G01 X42.75	N950 X96.75 Z279.61	N1740 G02 X17.5 Z19.86 I6.111 K11.474
N170 X48.75 Z1.86	N960 Z-58.89	N1750 G01 X50.
N180 Z-10.89	N970 X-96.75	N1760 G02 X63. Z32.86 I0 K13.
N190 X-48.75	N980 Z279.61	N1770 G01 Z249.61
N200 Z1.86	N990 X96.75	N1780 X66.75
N210 X-17.5	N1000 X102.75 Z285.61	N1790 X72.75 Z255.61
N220 G02 X-2.928 Z5.498 I0 K31.	N1010 Z-64.89	N1800 Z-34.89
N230 G03 X2.928 I2.928 K-5.498	N1020 X-102.75	N1810 X-72.75
N240 G02 X17.5 Z1.86 I14.572 K27.362	N1030 Z285.61	N1820 Z255.61
N250 G01 X48.75	N1040 X102.75	N1830 X-56.437
N260 X54.75 Z8.315	N1050 G00 Y17.	N1840 G02 X-57. Z252.86 I6.437 K-2.75
N270 Z-16.89	N1060 X55.947 Z256.552	N1850 G01 Z32.86
N280 X-54.75	N1070 G01 Y1. F250.	N1860 G02 X-50. Z25.86 I7. K-0
N290 Z8.315	N1080 G02 X50. Z259.86 I-5.947 K-3.692 F2000.	N1870 G01 X-17.5
N300 G02 X-50. Z7.86 I4.75 K24.545	N1090 G01 X-50.	N1880 G02 X-14.21 Z26.682 I0 K7.
N310 G01 X-17.5	N1100 G02 X-57. Z252.86 I0 K-7.	N1890 G03 X14.21 I14.21 K-26.682
N320 G02 X-5.749 Z10.794 I0 K25.	N1110 G01 Z32.86	N1900 G02 X17.5 Z25.86 I3.29 K6.178
N330 G03 X5.749 I5.749 K-10.794	N1120 G02 X-50. Z25.86 I7. K-0	N1910 G01 X50.
N340 G02 X17.5 Z7.86 I11.751 K22.066	N1130 G01 X-17.5	N1920 G02 X57. Z32.86 I0 K7.
N350 G01 X50.	N1140 G02 X-14.21 Z26.682 I0 K7.	N1930 G01 Z252.86
N360 G02 X54.75 Z8.315 I0 K25.	N1150 G03 X14.21 I14.21 K-26.682	N1940 G02 X56.437 Z255.61 I-7. K-0
N370 G01 X60.75 Z17.194	N1160 G02 X17.5 Z25.86 I3.29 K6.178	N1950 G01 X72.75
N380 Z-22.89	N1170 G01 X50.	N1960 X78.75 Z261.61
N390 X-60.75	N1180 G02 X57. Z32.86 I0 K7.	N1970 Z-40.89
N400 Z17.194	N1190 G01 Z252.86	N1980 X-78.75
N410 G02 X-50. Z13.86 I10.75 K15.666	N1200 G02 X55.947 Z256.552 I-7. K-0	N1990 Z261.61
N420 G01 X-17.5	N1210 G00 Y17.	N2000 X78.75
N430 G02 X-8.569 Z16.09 I0 K19.	N1220 X42.75 Z-4.14	N2010 X84.75 Z267.61
N440 G03 X8.569 I8.569 K-16.09	N1230 Y11.	N2020 Z-46.89
N450 G02 X17.5 Z13.86 I8.931 K16.77	N1240 G01 Y0 F250.	N2030 X-84.75
N460 G01 X50.	N1250 Z-4.89 F2000.	N2040 Z267.61
N470 G02 X60.75 Z17.194 I0 K19.	N1260 X-42.75	N2050 X84.75
N480 G01 X66.75 Z249.61	N1270 Z-4.14	N2060 X90.75 Z273.61
N490 Z-28.89	N1280 X-17.5	N2070 Z-52.89
N500 X-66.75	N1290 G02 X-.108 Z.202 I0 K37.	N2080 X-90.75
N510 Z249.61	N1300 G03 X.108 I.108 K-.202	N2090 Z273.61
N520 X-63.	N1310 G02 X17.5 Z-4.14 I17.392 K32.658	N2100 X90.75
N530 Z32.86	N1320 G01 X42.75	N2110 X96.75 Z279.61
N540 G02 X-50. Z19.86 I13. K-0	N1330 X48.75 Z1.86	N2120 Z-58.89
N550 G01 X-17.5	N1340 Z-10.89	N2130 X-96.75
N560 G02 X-11.389 Z21.386 I0 K13.	N1350 X-48.75	N2140 Z279.61
N570 G03 X11.389 I11.389 K-21.386	N1360 Z1.86	N2150 X96.75
N580 G02 X17.5 Z19.86 I6.111 K11.474	N1370 X-17.5	N2160 X102.75 Z285.61
N590 G01 X50.	N1380 G02 X-2.928 Z5.498 I0 K31.	N2170 Z-64.89
N600 G02 X63. Z32.86 I0 K13.	N1390 G03 X2.928 I2.928 K-5.498	N2180 X-102.75
N610 G01 Z249.61	N1400 G02 X17.5 Z1.86 I14.572 K27.362	N2190 Z285.61
N620 X66.75	N1410 G01 X48.75	N2200 X102.75
N630 X72.75 Z255.61	N1420 X54.75 Z8.315	N2210 G00 Y17.
N640 Z-34.89	N1430 Z-16.89	N2220 X55.947 Z256.552
N650 X-72.75	N1440 X-54.75	N2230 Y11.
N660 Z255.61	N1450 Z8.315	N2240 G01 Y0 F250.
N670 X-56.437	N1460 G02 X-50. Z7.86 I4.75 K24.545	N2250 G02 X50. Z259.86 I-5.947 K-3.692 F2000.
N680 G02 X-57. Z252.86 I6.437 K-2.75	N1470 G01 X-17.5	N2260 G01 X-50.
N690 G01 Z32.86	N1480 G02 X-5.749 Z10.794 I0 K25.	N2270 G02 X-57. Z252.86 I0 K-7.
N700 G02 X-50. Z25.86 I7. K-0	N1490 G03 X5.749 I5.749 K-10.794	N2280 G01 Z32.86
N710 G01 X-17.5	N1500 G02 X17.5 Z7.86 I11.751 K22.066	N2290 G02 X-50. Z25.86 I7. K-0
N720 G02 X-14.21 Z26.682 I0 K7.	N1510 G01 X50.	N2300 G01 X-17.5
N730 G03 X14.21 I14.21 K-26.682	N1520 G02 X54.75 Z8.315 I0 K25.	N2310 G02 X-14.21 Z26.682 I0 K7.
N740 G02 X17.5 Z25.86 I3.29 K6.178	N1530 G01 X60.75 Z17.194	N2320 G03 X14.21 I14.21 K-26.682
N750 G01 X50.	N1540 Z-22.89	N2330 G02 X17.5 Z25.86 I3.29 K6.178
N760 G02 X57. Z32.86 I0 K7.	N1550 X-60.75	N2340 G01 X50.
N770 G01 Z252.86	N1560 Z17.194	N2350 G02 X57. Z32.86 I0 K7.
N780 G02 X56.437 Z255.61 I-7. K-0	N1570 G02 X-50. Z13.86 I10.75 K15.666	N2360 G01 Z252.86

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

N2370 G02 X55.947 Z256.552 I-7. K-0
N2380 G00 Y17.
N2390 Y57. M09
N2400 G53 D0
N2410 M30

“0202_desbaste_vientos_lat”

%MPF202	N770 X100.	N1540 X-102.75
N10 G18 G71 G40	N780 X57.	N1550 Z145.86
N20 G54	N790 Z145.86	N1560 X-100.
N30 M79	N800 X100.	N1570 X-57.
N40 S2500 M03	N810 X102.75	N1580 Z109.86
N50	N820 Z109.86	N1590 X-100.
N60 G90 G00 X90.75 Z121.86	N830 G00 Y17.	N1600 X-102.75
N70 Y17.	N840 Y57.	N1610 Z145.86
N80 G01 Y-4. F250.	N850 X-90.75 Z133.86	N1620 G00 Y17.
N90 X69. F2000.	N860 Y17.	N1630 Y57. M09
N100 Z133.86	N870 G01 Y-4. F250.	N1640 G53 D0
N110 X90.75	N880 X-69. F2000.	N1650 M30
N120 Z121.86	N890 Z121.86	
N130 X96.75 Z115.86	N900 X-90.75	
N140 X63.	N910 Z133.86	
N150 Z139.86	N920 X-96.75 Z139.86	
N160 X96.75	N930 X-63.	
N170 Z115.86	N940 Z115.86	
N180 X102.75 Z109.86	N950 X-96.75	
N190 X100.	N960 Z139.86	
N200 X57.	N970 X-102.75 Z145.86	
N210 Z145.86	N980 X-100.	
N220 X100.	N990 X-57.	
N230 X102.75	N1000 Z109.86	
N240 Z109.86	N1010 X-100.	
N250 X100.	N1020 X-102.75	
N260 X57.	N1030 Z145.86	
N270 Z145.86	N1040 X-100.	
N280 X100.	N1050 X-57.	
N290 X102.75	N1060 Z109.86	
N300 Z109.86	N1070 X-100.	
N310 G00 Y17.	N1080 X-102.75	
N320 X90.75 Z121.86	N1090 Z145.86	
N330 Y6.	N1100 G00 Y17.	
N340 G01 Y-7. F250.	N1110 X-90.75 Z133.86	
N350 X69. F2000.	N1120 Y6.	
N360 Z133.86	N1130 G01 Y-7. F250.	
N370 X90.75	N1140 X-69. F2000.	
N380 Z121.86	N1150 Z121.86	
N390 X96.75 Z115.86	N1160 X-90.75	
N400 X63.	N1170 Z133.86	
N410 Z139.86	N1180 X-96.75 Z139.86	
N420 X96.75	N1190 X-63.	
N430 Z115.86	N1200 Z115.86	
N440 X102.75 Z109.86	N1210 X-96.75	
N450 X100.	N1220 Z139.86	
N460 X57.	N1230 X-102.75 Z145.86	
N470 Z145.86	N1240 X-100.	
N480 X100.	N1250 X-57.	
N490 X102.75	N1260 Z109.86	
N500 Z109.86	N1270 X-100.	
N510 X100.	N1280 X-102.75	
N520 X57.	N1290 Z145.86	
N530 Z145.86	N1300 X-100.	
N540 X100.	N1310 X-57.	
N550 X102.75	N1320 Z109.86	
N560 Z109.86	N1330 X-100.	
N570 G00 Y17.	N1340 X-102.75	
N580 X90.75 Z121.86	N1350 Z145.86	
N590 Y3.	N1360 G00 Y17.	
N600 G01 Y-10. F250.	N1370 X-90.75 Z133.86	
N610 X69. F2000.	N1380 Y3.	
N620 Z133.86	N1390 G01 Y-10. F250.	
N630 X90.75	N1400 X-69. F2000.	
N640 Z121.86	N1410 Z121.86	
N650 X96.75 Z115.86	N1420 X-90.75	
N660 X63.	N1430 Z133.86	
N670 Z139.86	N1440 X-96.75 Z139.86	
N680 X96.75	N1450 X-63.	
N690 Z115.86	N1460 Z115.86	
N700 X102.75 Z109.86	N1470 X-96.75	
N710 X100.	N1480 Z139.86	
N720 X57.	N1490 X-102.75 Z145.86	
N730 Z145.86	N1500 X-100.	
N740 X100.	N1510 X-57.	
N750 X102.75	N1520 Z109.86	
N760 Z109.86	N1530 X-100.	

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

“0203_desbaste_viento_sup”

%MPF203
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X31. Z273.61
N70 Y17.
N80 G01 Y-4. F250.
N90 Z271.86 F2000.
N100 X-31.
N110 Z273.61
N120 X31.
N130 X37. Z279.61
N140 Z265.86
N150 X-37.
N160 Z279.61
N170 X37.
N180 X43. Z285.61
N190 Z282.86
N200 Z259.86
N210 X-43.
N220 Z282.86
N230 Z285.61
N240 X43.
N250 Z282.86
N260 Z259.86
N270 X-43.
N280 Z282.86
N290 Z285.61
N300 X43.
N310 G00 Y17.
N320 X31. Z273.61
N330 Y6.
N340 G01 Y-7. F250.
N350 Z271.86 F2000.
N360 X-31.
N370 Z273.61
N380 X31.
N390 X37. Z279.61
N400 Z265.86
N410 X-37.
N420 Z279.61
N430 X37.
N440 X43. Z285.61
N450 Z282.86
N460 Z259.86
N470 X-43.
N480 Z282.86
N490 Z285.61
N500 X43.
N510 Z282.86
N520 Z259.86
N530 X-43.
N540 Z282.86
N550 Z285.61
N560 X43.
N570 G00 Y17.
N580 X31. Z273.61
N590 Y3.
N600 G01 Y-10. F250.
N610 Z271.86 F2000.
N620 X-31.
N630 Z273.61
N640 X31.
N650 X37. Z279.61
N660 Z265.86
N670 X-37.
N680 Z279.61
N690 X37.
N700 X43. Z285.61
N710 Z282.86
N720 Z259.86
N730 X-43.
N740 Z282.86
N750 Z285.61
N760 X43.
N770 Z282.86
N780 Z259.86
N790 X-43.
N800 Z282.86
N810 Z285.61
N820 X43.
N830 G00 Y17.
N840 Y57. M09
N850 G53 D0
N860 M30

“0204_desbaste_piston”

%MPF204
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X1.229 Z-0
N70 Y17.
N80 G01 Y-4. F250.
N90 G03 X1.229 Z-0 I-1.229 K-0 F2000.
N100 G01 X7.229
N110 G03 X7.229 Z-0 I-7.229 K-0
N120 G01 X13.229
N130 G03 X13.229 Z-0 I-13.229 K-0
N140 G01 X19.229
N150 G03 X19.229 Z-0 I-19.229 K-0
N160 G01 X25.229
N170 G03 X25.229 Z-0 I-25.229 K-0
N180 G01 X31.229
N190 G03 X31.229 Z-0 I-31.229 K-0
N200 X31.229 Z-0 I-31.229 K-0
N210 G00 Y17.
N220 X1.229 Z-0
N230 Y6.
N240 G01 Y-7.667 F250.
N250 G03 X1.229 Z-0 I-1.229 K-0 F2000.
N260 G01 X7.229
N270 G03 X7.229 Z-0 I-7.229 K-0
N280 G01 X13.229
N290 G03 X13.229 Z-0 I-13.229 K-0
N300 G01 X19.229
N310 G03 X19.229 Z-0 I-19.229 K-0
N320 G01 X25.229
N330 G03 X25.229 Z-0 I-25.229 K-0
N340 G01 X31.229
N350 G03 X31.229 Z-0 I-31.229 K-0
N360 X31.229 Z-0 I-31.229 K-0
N370 G00 Y17.
N380 X1.229 Z-0
N390 Y2.333
N400 G01 Y-11.333 F250.
N410 G03 X1.229 Z-0 I-1.229 K-0 F2000.
N420 G01 X7.229
N430 G03 X7.229 Z-0 I-7.229 K-0
N440 G01 X13.229
N450 G03 X13.229 Z-0 I-13.229 K-0
N460 G01 X19.229
N470 G03 X19.229 Z-0 I-19.229 K-0
N480 G01 X25.229
N490 G03 X25.229 Z-0 I-25.229 K-0
N500 G01 X31.229
N510 G03 X31.229 Z-0 I-31.229 K-0
N520 X31.229 Z-0 I-31.229 K-0
N530 G00 Y17.
N540 X1.229 Z-0
N550 Y-1.333
N560 G01 Y-15. F250.
N570 G03 X1.229 Z-0 I-1.229 K-0 F2000.
N580 G01 X7.229
N590 G03 X7.229 Z-0 I-7.229 K-0
N600 G01 X13.229
N610 G03 X13.229 Z-0 I-13.229 K-0
N620 G01 X19.229
N630 G03 X19.229 Z-0 I-19.229 K-0
N640 G01 X25.229
N650 G03 X25.229 Z-0 I-25.229 K-0
N660 G01 X31.229
N670 G03 X31.229 Z-0 I-31.229 K-0
N680 X31.229 Z-0 I-31.229 K-0
N690 G00 Y17.
N700 Y57. M09
N710 G53 D0
N720 M30

“0205_contorno_isla”

%MPF205
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X53. Z142.86
N70 Y12.
N80 G01 Y0 F250.
N90 Z249.86 F2000.
N100 G02 X47. Z255.86 I-6. K-0
N110 G01 X-47.
N120 G02 X-53. Z249.86 I0 K-6.
N130 G01 Z35.86
N140 G02 X-47. Z29.86 I6. K-0
N150 G01 X-18.234
N160 G02 X-15.514 Z30.512 I0 K6.
N170 G03 X15.514 I15.514 K-30.512
N180 G02 X18.234 Z29.86 I2.719 K5.348
N190 G01 X47.
N200 G02 X53. Z35.86 I0 K6.
N210 G01 Z142.86
N220 G00 Y12.
N230 Y57. M09
N240 G53 D0
N250 M30

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

“0206_contorno_vientos_lat”

%MPF206
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X100. Z105.86
N70 Y12.
N80 G01 Y-10. F250.
N90 X53. F2000.
N100 Z149.86
N110 X100.
N120 G00 Y12.
N130 Y57.
N140 X-100. Z149.86
N150 Y12.
N160 G01 Y-10. F250.
N170 X-53. F2000.
N180 Z105.86
N190 X-100.
N200 G00 Y12.
N210 Y57. M09
N220 G53 D0
N230 M30

“0207_contorno_viento_sup”

%MPF207
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X47. Z282.86
N70 Y12.
N80 G01 Y-10. F250.
N90 Z255.86 F2000.
N100 X-47.
N110 Z282.86
N120 G00 Y12.
N130 Y57. M09
N140 G53 D0
N150 M30

“0211_contorno_abierto1”

%MPF211
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X-106. Z102.86
N70 Y12.
N80 G01 Y-4. F250.
N90 Z-68.14 F2000.
N100 X106.
N110 Z102.86
N120 G00 Y12.
N130 X-106. Z102.86
N140 Y1.
N150 G01 Y-7.667 F250.
N160 Z-68.14 F2000.
N170 X106.
N180 Z102.86
N190 G00 Y12.
N200 X-106. Z102.86
N210 Y-2.667
N220 G01 Y-11.333 F250.
N230 Z-68.14 F2000.
N240 X106.
N250 Z102.86
N260 G00 Y12.
N270 X-106. Z102.86
N280 Y-6.333
N290 G01 Y-15. F250.
N300 Z-68.14 F2000.
N310 X106.
N320 Z102.86
N330 G00 Y12.
N340 Y57. M09
N350 G53 D0
N360 M30

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

“0212_contorno_abierto2”

%MPF212
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X106. Z102.86
N70 Y12.
N80 G01 Y-4. F250.
N90 Z288.86 F2000.
N100 X-106.
N110 Z102.86
N120 G00 Y12.
N130 X106. Z102.86
N140 Y1.
N150 G01 Y-7.667 F250.
N160 Z288.86 F2000.
N170 X-106.
N180 Z102.86
N190 G00 Y12.
N200 X106. Z102.86
N210 Y-2.667
N220 G01 Y-11.333 F250.
N230 Z288.86 F2000.
N240 X-106.
N250 Z102.86
N260 G00 Y12.
N270 X106. Z102.86
N280 Y-6.333
N290 G01 Y-15. F250.
N300 Z288.86 F2000.
N310 X-106.
N320 Z102.86
N330 G00 Y12.
N340 Y57. M09
N350 G53 D0
N360 M30

“0213_contorno_piston_post”

%MPF213
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X0 Z-34.
N70 Y5.
N80 G01 Y-5. F250.
N90 G03 X0 Z-34. I0 K34. F2000.
N100 G01 Z-0 F500.
N110 G00 Y5.
N120 X0 Z-34.
N130 Y0
N140 G01 Y-10. F250.
N150 G03 X0 Z-34. I0 K34. F2000.
N160 G01 Z-0 F500.
N170 G00 Y5.
N180 Y50. M09
N190 G53 D0
N200 M30

ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas

➔ POSTIZO PIEZA

“0301_desbaste”

%MPF301
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X5. Z122.533
N70 Y10.
N80 G01 Y-4. F250.
N90 G02 X0 Z121.086 I12.5 K-52.533 F2000.
N100 X-5. Z122.533 I-17.5 K-51.086
N110 G01 Z175.
N120 X5.
N130 Z122.533
N140 X11. Z117.558
N150 G02 X0 Z114.696 I6.5 K-47.558
N160 X-11. Z117.558 I-17.5 K-44.696
N170 G01 Z181.
N180 X11.
N190 Z117.558
N200 X17. Z111.997
N210 G02 X0 Z108.18 I1.5 K-41.997
N220 X-17. Z111.997 I-17.5 K-38.18
N230 G01 Z187.
N240 X17.
N250 Z111.997
N260 X23. Z106.
N270 X17.5
N280 G02 X0 Z101.46 I0 K-36.
N290 X-17.5 Z106. I-17.5 K-31.46
N300 G01 X-23.
N310 Z193.
N320 X23.
N330 Z106.
N340 X29. Z100.
N350 X17.5
N360 G02 X0 Z94.367 I0 K-30.
N370 X-17.5 Z100. I-17.5 K-24.367
N380 G01 X-29.
N390 Z199.
N400 X29.
N410 Z100.
N420 X35. Z94.
N430 X17.5
N440 G02 X0 Z86.424 I0 K-24.
N450 X-17.5 Z94. I-17.5 K-16.424
N460 G01 X-35.
N470 Z205.
N480 X35.
N490 Z94.
N500 X41. Z88.
N510 X17.5
N520 G02 X0 Z74.213 I0 K-18.
N530 X-17.5 Z88. I-17.5 K-4.213
N540 G01 X-41.
N550 Z211.
N560 X41.
N570 Z88.
N580 X47. Z82.
N590 X17.5
N600 G02 X5.5 Z70. I0 K-12.
N610 G01 Z3.
N620 X-5.5
N630 Z70.
N640 G02 X-17.5 Z82. I-12. K-0
N650 G01 X-47.
N660 Z217.
N670 X47.
N680 Z82.
N690 X53. Z76.
N700 X50.
N710 X17.5
N720 G02 X11.5 Z70. I0 K-6.
N730 G01 Z-0
N740 Z-3.
N750 X-11.5
N760 Z-0
N770 Z70.
N780 G02 X-17.5 Z76. I-6. K-0
N790 G01 X-50.
N800 X-53.

N810 Z223.
N820 X53.
N830 Z76.
N840 X50.
N850 X17.5
N860 G02 X11.5 Z70. I0 K-6.
N870 G01 Z-0
N880 Z-3.
N890 X-11.5
N900 Z-0
N910 Z70.
N920 G02 X-17.5 Z76. I-6. K-0
N930 G01 X-50.
N940 X-53.
N950 Z223.
N960 X53.
N970 Z76.
N980 G00 Y10.
N990 Y50. M09
N1000 G53 D0
N1010 M30

“0302_contorno_abierto1”

%MPF302
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X-56. Z70.
N70 Y5.
N80 G01 Y-4. F250.
N90 Z3. F2000.
N100 G02 X-47. Z-6. I9. K-0
N110 G01 X47.
N120 G02 X56. Z3. I0 K9.
N130 G01 Z70.
N140 G00 Y5.
N150 X-56. Z70.
N160 Y1.
N170 G01 Y-8. F250.
N180 Z3. F2000.
N190 G02 X-47. Z-6. I9. K-0
N200 G01 X47.
N210 G02 X56. Z3. I0 K9.
N220 G01 Z70.
N230 G00 Y5.
N240 X-56. Z70.
N250 Y-3.
N260 G01 Y-12. F250.
N270 Z3. F2000.
N280 G02 X-47. Z-6. I9. K-0
N290 G01 X47.
N300 G02 X56. Z3. I0 K9.
N310 G01 Z70.
N320 G00 Y5.
N330 X-56. Z70.
N340 Y-7.
N350 G01 Y-16. F250.
N360 Z3. F2000.
N370 G02 X-47. Z-6. I9. K-0
N380 G01 X47.
N390 G02 X56. Z3. I0 K9.
N400 G01 Z70.
N410 G00 Y5.
N420 X-56. Z70.
N430 Y-11.
N440 G01 Y-20. F250.
N450 Z3. F2000.
N460 G02 X-47. Z-6. I9. K-0
N470 G01 X47.
N480 G02 X56. Z3. I0 K9.
N490 G01 Z70.
N500 G00 Y5.
N510 Y50. M09
N520 G53 D0
N530 M30

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

“0303_contorno_abierto2”

```
%MPF303
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X56. Z70.
N70 Y10.
N80 G01 Y-8. F250.
N90 Z226. F2000.
N100 X-56.
N110 Z70.
N120 G00 Y10.
N130 X56. Z70.
N140 Y-3.
N150 G01 Y-12. F250.
N160 Z226. F2000.
N170 X-56.
N180 Z70.
N190 G00 Y10.
N200 X56. Z70.
N210 Y-7.
N220 G01 Y-16. F250.
N230 Z226. F2000.
N240 X-56.
N250 Z70.
N260 G00 Y10.
N270 X56. Z70.
N280 Y-11.
N290 G01 Y-20. F250.
N300 Z226. F2000.
N310 X-56.
N320 Z70.
N330 G00 Y10.
N340 Y55. M09
N350 G53 D0
N360 M30
```

➔ VIENTOS
LATERALES

“0401_desbaste_sup”

%MPF401	N780 Z-0	N1550 Y6.
N10 G18 G71 G40	N790 Z-3.	N1560 G01 Y-7.8 F250.
N20 G54	N800 X-53.	N1570 Z47. F2000.
N30 M79	N810 Z53.	N1580 X47.
N40 S2500 M03	N820 X-31.	N1590 Z3.
N50	N830 Z50.	N1600 X37.
N60 G90 G00 X-37. Z47.	N840 Z-0	N1610 X31. Z-3.
N70 Y10.	N850 Z-3.	N1620 Z-0
N80 G01 Y-4. F250.	N860 X-53.	N1630 Z50.
N90 Z3. F2000.	N870 Z53.	N1640 Z53.
N100 X-47.	N880 X-31.	N1650 X53.
N110 Z47.	N890 G00 Y10.	N1660 Z-3.
N120 X-37.	N900 X-37. Z47.	N1670 X31.
N130 X-31. Z53.	N910 Y-5.4	N1680 Z-0
N140 Z50.	N920 G01 Y-19.2 F250.	N1690 Z50.
N150 Z-0	N930 Z3. F2000.	N1700 Z53.
N160 Z-3.	N940 X-47.	N1710 X53.
N170 X-53.	N950 Z47.	N1720 Z-3.
N180 Z53.	N960 X-37.	N1730 X31.
N190 X-31.	N970 X-31. Z53.	N1740 G00 Y10.
N200 Z50.	N980 Z50.	N1750 X37. Z3.
N210 Z-0	N990 Z-0	N1760 Y2.2
N220 Z-3.	N1000 Z-3.	N1770 G01 Y-11.6 F250.
N230 X-53.	N1010 X-53.	N1780 Z47. F2000.
N240 Z53.	N1020 Z53.	N1790 X47.
N250 X-31.	N1030 X-31.	N1800 Z3.
N260 G00 Y10.	N1040 Z50.	N1810 X37.
N270 X-37. Z47.	N1050 Z-0	N1820 X31. Z-3.
N280 Y6.	N1060 Z-3.	N1830 Z-0
N290 G01 Y-7.8 F250.	N1070 X-53.	N1840 Z50.
N300 Z3. F2000.	N1080 Z53.	N1850 Z53.
N310 X-47.	N1090 X-31.	N1860 X53.
N320 Z47.	N1100 G00 Y10.	N1870 Z-3.
N330 X-37.	N1110 X-37. Z47.	N1880 X31.
N340 X-31. Z53.	N1120 Y-9.2	N1890 Z-0
N350 Z50.	N1130 G01 Y-23. F250.	N1900 Z50.
N360 Z-0	N1140 Z3. F2000.	N1910 Z53.
N370 Z-3.	N1150 X-47.	N1920 X53.
N380 X-53.	N1160 Z47.	N1930 Z-3.
N390 Z53.	N1170 X-37.	N1940 X31.
N400 X-31.	N1180 X-31. Z53.	N1950 G00 Y10.
N410 Z50.	N1190 Z50.	N1960 X37. Z3.
N420 Z-0	N1200 Z-0	N1970 Y-1.6
N430 Z-3.	N1210 Z-3.	N1980 G01 Y-15.4 F250.
N440 X-53.	N1220 X-53.	N1990 Z47. F2000.
N450 Z53.	N1230 Z53.	N2000 X47.
N460 X-31.	N1240 X-31.	N2010 Z3.
N470 G00 Y10.	N1250 Z50.	N2020 X37.
N480 X-37. Z47.	N1260 Z-0	N2030 X31. Z-3.
N490 Y2.2	N1270 Z-3.	N2040 Z-0
N500 G01 Y-11.6 F250.	N1280 X-53.	N2050 Z50.
N510 Z3. F2000.	N1290 Z53.	N2060 Z53.
N520 X-47.	N1300 X-31.	N2070 X53.
N530 Z47.	N1310 G00 Y10.	N2080 Z-3.
N540 X-37.	N1320 Y50.	N2090 X31.
N550 X-31. Z53.	N1330 X37. Z3.	N2100 Z-0
N560 Z50.	N1340 Y10.	N2110 Z50.
N570 Z-0	N1350 G01 Y-4. F250.	N2120 Z53.
N580 Z-3.	N1360 Z47. F2000.	N2130 X53.
N590 X-53.	N1370 X47.	N2140 Z-3.
N600 Z53.	N1380 Z3.	N2150 X31.
N610 X-31.	N1390 X37.	N2160 G00 Y10.
N620 Z50.	N1400 X31. Z-3.	N2170 X37. Z3.
N630 Z-0	N1410 Z-0	N2180 Y-5.4
N640 Z-3.	N1420 Z50.	N2190 G01 Y-19.2 F250.
N650 X-53.	N1430 Z53.	N2200 Z47. F2000.
N660 Z53.	N1440 X53.	N2210 X47.
N670 X-31.	N1450 Z-3.	N2220 Z3.
N680 G00 Y10.	N1460 X31.	N2230 X37.
N690 X-37. Z47.	N1470 Z-0	N2240 X31. Z-3.
N700 Y-1.6	N1480 Z50.	N2250 Z-0
N710 G01 Y-15.4 F250.	N1490 Z53.	N2260 Z50.
N720 Z3. F2000.	N1500 X53.	N2270 Z53.
N730 X-47.	N1510 Z-3.	N2280 X53.
N740 Z47.	N1520 X31.	N2290 Z-3.
N750 X-37.	N1530 G00 Y10.	N2300 X31.
N760 X-31. Z53.	N1540 X37. Z3.	N2310 Z-0
N770 Z50.		

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

N2320 Z50.
N2330 Z53.
N2340 X53.
N2350 Z-3.
N2360 X31.
N2370 G00 Y10.
N2380 X37. Z3.
N2390 Y-9.2
N2400 G01 Y-23. F250.
N2410 Z47. F2000.
N2420 X47.
N2430 Z3.
N2440 X37.
N2450 X31. Z-3.
N2460 Z-0
N2470 Z50.
N2480 Z53.
N2490 X53.
N2500 Z-3.
N2510 X31.
N2520 Z-0
N2530 Z50.
N2540 Z53.
N2550 X53.
N2560 Z-3.
N2570 X31.
N2580 G00 Y10.
N2590 Y50. M09
N2600 G53 D0
N2610 M30

“0402_contorno_sup”

%MPF402
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X0 Z56.
N70 Y5.
N80 G01 Y-4. F250.
N90 X-56. F2000.
N100 Z-6.
N110 X56.
N120 Z56.
N130 X0
N140 G00 Y5.
N150 Y1.
N160 G01 Y-8. F250.
N170 X-56. F2000.
N180 Z-6.
N190 X56.
N200 Z56.
N210 X0
N220 G00 Y5.
N230 Y-3.
N240 G01 Y-12. F250.
N250 X-56. F2000.
N260 Z-6.
N270 X56.
N280 Z56.
N290 X0
N300 G00 Y5.
N310 Y-7.
N320 G01 Y-16. F250.
N330 X-56. F2000.
N340 Z-6.
N350 X56.
N360 Z56.
N370 X0
N380 G00 Y5.
N390 Y-11.
N400 G01 Y-20. F250.
N410 X-56. F2000.
N420 Z-6.
N430 X56.
N440 Z56.
N450 X0
N460 G00 Y5.
N470 Y-15.
N480 G01 Y-24. F250.
N490 X-56. F2000.
N500 Z-6.
N510 X56.
N520 Z56.

N530 X0
N540 G00 Y5.
N550 Y-19.
N560 G01 Y-28. F250.
N570 X-56. F2000.
N580 Z-6.
N590 X56.
N600 Z56.
N610 X0
N620 G00 Y5.
N630 Y-23.
N640 G01 Y-32. F250.
N650 X-56. F2000.
N660 Z-6.
N670 X56.
N680 Z56.
N690 X0
N700 G00 Y5.
N710 Y50. M09
N720 G53 D0
N730 M30

“0403_esquinas_sup”

%MPF403
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X-31. Z25.
N70 Y5.
N80 G01 Y-7. F250.
N90 Z3. F2000.
N100 G02 X-22. Z-6. I9. K-0
N110 G01 X22.
N120 G02 X31. Z3. I0 K9.
N130 G01 Z47.
N140 G02 X22. Z56. I-9. K-0
N150 G01 X-22.
N160 G02 X-31. Z47. I0 K-9.
N170 G01 Z25.
N180 G00 Y5.
N190 Y50. M09
N200 G53 D0
N210 M30

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

“0406_planeado_inf”

%MPF406	N850 X-37.2
N10 G18 G71 G40	N860 G03 Z50.10 K4.183
N20 G54	N870 G01 X-30.
N30 M79	N880 X30.
N40 S2500 M03	N890 X37.2
N50	N900 G02 Z58.367 I0 K4.183
N60 G90 G00 X-42. Z-.2	N910 G01 X30.
N70 Y20.	N920 X-30.
N80 G01 Y4. F800.	N930 X-37.2
N90 X-30. F500.	N940 G03 Z66.733 I0 K4.183
N100 X30. F2000.	N950 G01 X-30.
N110 X37.2	N960 X30.
N120 G02 Z8.167 I0 K4.183	N970 X37.2
N130 G01 X30.	N980 G02 Z75.1 I0 K4.183
N140 X-30.	N990 G01 X30.
N150 X-37.2	N1000 X-30.
N160 G03 Z16.533 I0 K4.183	N1010 X-37.2
N170 G01 X-30.	N1020 G03 Z83.467 I0 K4.183
N180 X30.	N1030 G01 X-30.
N190 X37.2	N1040 X30.
N200 G02 Z24.9 I0 K4.183	N1050 X37.2
N210 G01 X30.	N1060 G02 Z91.833 I0 K4.183
N220 X-30.	N1070 G01 X30.
N230 X-37.2	N1080 X-30.
N240 G03 Z33.267 I0 K4.183	N1090 X-37.2
N250 G01 X-30.	N1100 G03 Z100.2 I0 K4.183
N260 X30.	N1110 G01 X-30.
N270 X37.2	N1120 X30.
N280 G02 Z41.633 I0 K4.183	N1130 X42. F500.
N290 G01 X30.	N1140 G00 Y20.
N300 X-30.	N1150 Y50. M09
N310 X-37.2	N1160 G53 D0
N320 G03 Z50.10 K4.183	N1170 M30
N330 G01 X-30.	
N340 X30.	
N350 X37.2	
N360 G02 Z58.367 I0 K4.183	
N370 G01 X30.	
N380 X-30.	
N390 X-37.2	
N400 G03 Z66.733 I0 K4.183	
N410 G01 X-30.	
N420 X30.	
N430 X37.2	
N440 G02 Z75.1 I0 K4.183	
N450 G01 X30.	
N460 X-30.	
N470 X-37.2	
N480 G03 Z83.467 I0 K4.183	
N490 G01 X-30.	
N500 X30.	
N510 X37.2	
N520 G02 Z91.833 I0 K4.183	
N530 G01 X30.	
N540 X-30.	
N550 X-37.2	
N560 G03 Z100.2 I0 K4.183	
N570 G01 X-30.	
N580 X30.	
N590 X42. F500.	
N600 G00 Y20.	
N610 X-42. Z-.2	
N620 G01 Y0 F800.	
N630 X-30. F500.	
N640 X30. F2000.	
N650 X37.2	
N660 G02 Z8.167 I0 K4.183	
N670 G01 X30.	
N680 X-30.	
N690 X-37.2	
N700 G03 Z16.533 I0 K4.183	
N710 G01 X-30.	
N720 X30.	
N730 X37.2	
N740 G02 Z24.9 I0 K4.183	
N750 G01 X30.	
N760 X-30.	
N770 X-37.2	
N780 G03 Z33.267 I0 K4.183	
N790 G01 X-30.	
N800 X30.	
N810 X37.2	
N820 G02 Z41.633 I0 K4.183	
N830 G01 X30.	
N840 X-30.	

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

“0407_desbaste_inf”

%MPF407
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X22. Z87.
N70 Y18.
N80 G01 Y-4. F250.
N90 X-22. F2000.
N100 Z97.
N110 X22.
N120 Z87.
N130 X28. Z81.
N140 X25.
N150 X-25.
N160 X-28.
N170 Z103.
N180 X28.
N190 Z81.
N200 X25.
N210 X-25.
N220 X-28.
N230 Z103.
N240 X28.
N250 Z81.
N260 G00 Y18.
N270 X22. Z87.
N280 Y6.
N290 G01 Y-7. F250.
N300 X-22. F2000.
N310 Z97.
N320 X22.
N330 Z87.
N340 X28. Z81.
N350 X25.
N360 X-25.
N370 X-28.
N380 Z103.
N390 X28.
N400 Z81.
N410 X25.
N420 X-25.
N430 X-28.
N440 Z103.
N450 X28.
N460 Z81.
N470 G00 Y18.
N480 X22. Z87.
N490 Y3.
N500 G01 Y-10. F250.
N510 X-22. F2000.
N520 Z97.
N530 X22.
N540 Z87.
N550 X28. Z81.
N560 X25.
N570 X-25.
N580 X-28.
N590 Z103.
N600 X28.
N610 Z81.
N620 X25.
N630 X-25.
N640 X-28.
N650 Z103.
N660 X28.
N670 Z81.
N680 G00 Y18.
N690 Y58.
N700 X-22. Z13.
N710 Y18.
N720 G01 Y-4. F250.
N730 X22. F2000.
N740 Z3.
N750 X-22.
N760 Z13.
N770 X-28. Z19.
N780 X-25.
N790 X25.
N800 X28.
N810 Z-3.
N820 X-28.
N830 Z19.
N840 X-25.

N850 X25.
N860 X28.
N870 Z-3.
N880 X-28.
N890 Z19.
N900 G00 Y18.
N910 X-22. Z13.
N920 Y6.
N930 G01 Y-7. F250.
N940 X22. F2000.
N950 Z3.
N960 X-22.
N970 Z13.
N980 X-28. Z19.
N990 X-25.
N1000 X25.
N1010 X28.
N1020 Z-3.
N1030 X-28.
N1040 Z19.
N1050 X-25.
N1060 X25.
N1070 X28.
N1080 Z-3.
N1090 X-28.
N1100 Z19.
N1110 G00 Y18.
N1120 X-22. Z13.
N1130 Y3.
N1140 G01 Y-10. F250.
N1150 X22. F2000.
N1160 Z3.
N1170 X-22.
N1180 Z13.
N1190 X-28. Z19.
N1200 X-25.
N1210 X25.
N1220 X28.
N1230 Z-3.
N1240 X-28.
N1250 Z19.
N1260 X-25.
N1270 X25.
N1280 X28.
N1290 Z-3.
N1300 X-28.
N1310 Z19.
N1320 G00 Y18.
N1330 Y58. M09
N1340 G53 D0
N1350 M30

“0408_esquinas_inf”

%MPF408
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X0 Z19.
N70 Y13.
N80 G01 Y-4. F250.
N90 X22. F2000.
N100 G02 X31. Z28. I0 K9.
N110 G01 Z72.
N120 G02 X22. Z81. I-9. K-0
N130 G01 X-22.
N140 G02 X-31. Z72. I0 K-9.
N150 G01 Z28.
N160 G02 X-22. Z19. I9. K-0
N170 G01 X0
N180 G00 Y13.
N190 Y1.
N200 G01 Y-7. F250.
N210 X22. F2000.
N220 G02 X31. Z28. I0 K9.
N230 G01 Z72.
N240 G02 X22. Z81. I-9. K-0
N250 G01 X-22.
N260 G02 X-31. Z72. I0 K-9.
N270 G01 Z28.
N280 G02 X-22. Z19. I9. K-0
N290 G01 X0
N300 G00 Y13.
N310 Y-2.
N320 G01 Y-10. F250.
N330 X22. F2000.
N340 G02 X31. Z28. I0 K9.
N350 G01 Z72.
N360 G02 X22. Z81. I-9. K-0
N370 G01 X-22.
N380 G02 X-31. Z72. I0 K-9.
N390 G01 Z28.
N400 G02 X-22. Z19. I9. K-0
N410 G01 X0
N420 G00 Y13.
N430 Y58. M09
N440 G53 D0
N450 M30

➔ VIENTO SUPERIOR

“0501_desbaste_sup”

%MPF501	N810 X-18.	N1620 X15.
N10 G18 G71 G40	N820 Z19.	N1630 X-15.
N20 G54	N830 X-15.	N1640 X-18.
N30 M79	N840 X15.	N1650 Z153.
N40 S2500 M03	N850 X18.	N1660 X18.
N50	N860 Z-3.	N1670 Z131.
N60 G90 G00 X-12. Z13.	N870 X-18.	N1680 X15.
N70 Y10.	N880 Z19.	N1690 X-15.
N80 G01 Y-4. F250.	N890 G00 Y10.	N1700 X-18.
N90 X12. F2000.	N900 X-12. Z13.	N1710 Z153.
N100 Z3.	N910 Y-5.4	N1720 X18.
N110 X-12.	N920 G01 Y-19.2 F250.	N1730 Z131.
N120 Z13.	N930 X12. F2000.	N1740 G00 Y10.
N130 X-18. Z19.	N940 Z3.	N1750 X12. Z137.
N140 X-15.	N950 X-12.	N1760 Y2.2
N150 X15.	N960 Z13.	N1770 G01 Y-11.6 F250.
N160 X18.	N970 X-18. Z19.	N1780 X-12. F2000.
N170 Z-3.	N980 X-15.	N1790 Z147.
N180 X-18.	N990 X15.	N1800 X12.
N190 Z19.	N1000 X18.	N1810 Z137.
N200 X-15.	N1010 Z-3.	N1820 X18. Z131.
N210 X15.	N1020 X-18.	N1830 X15.
N220 X18.	N1030 Z19.	N1840 X-15.
N230 Z-3.	N1040 X-15.	N1850 X-18.
N240 X-18.	N1050 X15.	N1860 Z153.
N250 Z19.	N1060 X18.	N1870 X18.
N260 G00 Y10.	N1070 Z-3.	N1880 Z131.
N270 X-12. Z13.	N1080 X-18.	N1890 X15.
N280 Y6.	N1090 Z19.	N1900 X-15.
N290 G01 Y-7.8 F250.	N1100 G00 Y10.	N1910 X-18.
N300 X12. F2000.	N1110 X-12. Z13.	N1920 Z153.
N310 Z3.	N1120 Y-9.2	N1930 X18.
N320 X-12.	N1130 G01 Y-23. F250.	N1940 Z131.
N330 Z13.	N1140 X12. F2000.	N1950 G00 Y10.
N340 X-18. Z19.	N1150 Z3.	N1960 X12. Z137.
N350 X-15.	N1160 X-12.	N1970 Y-1.6
N360 X15.	N1170 Z13.	N1980 G01 Y-15.4 F250.
N370 X18.	N1180 X-18. Z19.	N1990 X-12. F2000.
N380 Z-3.	N1190 X-15.	N2000 Z147.
N390 X-18.	N1200 X15.	N2010 X12.
N400 Z19.	N1210 X18.	N2020 Z137.
N410 X-15.	N1220 Z-3.	N2030 X18. Z131.
N420 X15.	N1230 X-18.	N2040 X15.
N430 X18.	N1240 Z19.	N2050 X-15.
N440 Z-3.	N1250 X-15.	N2060 X-18.
N450 X-18.	N1260 X15.	N2070 Z153.
N460 Z19.	N1270 X18.	N2080 X18.
N470 G00 Y10.	N1280 Z-3.	N2090 Z131.
N480 X-12. Z13.	N1290 X-18.	N2100 X15.
N490 Y2.2	N1300 Z19.	N2110 X-15.
N500 G01 Y-11.6 F250.	N1310 G00 Y10.	N2120 X-18.
N510 X12. F2000.	N1320 Y50.	N2130 Z153.
N520 Z3.	N1330 X12. Z137.	N2140 X18.
N530 X-12.	N1340 Y10.	N2150 Z131.
N540 Z13.	N1350 G01 Y-4. F250.	N2160 G00 Y10.
N550 X-18. Z19.	N1360 X-12. F2000.	N2170 X12. Z137.
N560 X-15.	N1370 Z147.	N2180 Y-5.4
N570 X15.	N1380 X12.	N2190 G01 Y-19.2 F250.
N580 X18.	N1390 Z137.	N2200 X-12. F2000.
N590 Z-3.	N1400 X18. Z131.	N2210 Z147.
N600 X-18.	N1410 X15.	N2220 X12.
N610 Z19.	N1420 X-15.	N2230 Z137.
N620 X-15.	N1430 X-18.	N2240 X18. Z131.
N630 X15.	N1440 Z153.	N2250 X15.
N640 X18.	N1450 X18.	N2260 X-15.
N650 Z-3.	N1460 Z131.	N2270 X-18.
N660 X-18.	N1470 X15.	N2280 Z153.
N670 Z19.	N1480 X-15.	N2290 X18.
N680 G00 Y10.	N1490 X-18.	N2300 Z131.
N690 X-12. Z13.	N1500 Z153.	N2310 X15.
N700 Y-1.6	N1510 X18.	N2320 X-15.
N710 G01 Y-15.4 F250.	N1520 Z131.	N2330 X-18.
N720 X12. F2000.	N1530 G00 Y10.	N2340 Z153.
N730 Z3.	N1540 X12. Z137.	N2350 X18.
N740 X-12.	N1550 Y6.	N2360 Z131.
N750 Z13.	N1560 G01 Y-7.8 F250.	N2370 G00 Y10.
N760 X-18. Z19.	N1570 X-12. F2000.	N2380 X12. Z137.
N770 X-15.	N1580 Z147.	N2390 Y-9.2
N780 X15.	N1590 X12.	N2400 G01 Y-23. F250.
N790 X18.	N1600 Z137.	N2410 X-12. F2000.
N800 Z-3.	N1610 X18. Z131.	N2420 Z147.

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

N2430 X12.
N2440 Z137.
N2450 X18. Z131.
N2460 X15.
N2470 X-15.
N2480 X-18.
N2490 Z153.
N2500 X18.
N2510 Z131.
N2520 X15.
N2530 X-15.
N2540 X-18.
N2550 Z153.
N2560 X18.
N2570 Z131.
N2580 G00 Y10.
N2590 Y50. M09
N2600 G53 D0
N2610 M30

“0502_contorno_sup”

%MPF502
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X21. Z75.
N70 Y5.
N80 G01 Y-4. F250.
N90 Z147. F2000.
N100 G02 X12. Z156. I-9. K-0
N110 G01 X-12.
N120 G02 X-21. Z147. I0 K-9.
N130 G01 Z3.
N140 G02 X-12. Z-6. I9. K-0
N150 G01 X12.
N160 G02 X21. Z3. I0 K9.
N170 G01 Z75.
N180 G00 Y5.
N190 Y1.
N200 G01 Y-8. F250.
N210 Z147. F2000.
N220 G02 X12. Z156. I-9. K-0
N230 G01 X-12.
N240 G02 X-21. Z147. I0 K-9.
N250 G01 Z3.
N260 G02 X-12. Z-6. I9. K-0
N270 G01 X12.
N280 G02 X21. Z3. I0 K9.
N290 G01 Z75.
N300 G00 Y5.
N310 Y-3.
N320 G01 Y-12. F250.
N330 Z147. F2000.
N340 G02 X12. Z156. I-9. K-0
N350 G01 X-12.
N360 G02 X-21. Z147. I0 K-9.
N370 G01 Z3.
N380 G02 X-12. Z-6. I9. K-0
N390 G01 X12.
N400 G02 X21. Z3. I0 K9.
N410 G01 Z75.
N420 G00 Y5.
N430 Y-7.
N440 G01 Y-16. F250.
N450 Z147. F2000.
N460 G02 X12. Z156. I-9. K-0
N470 G01 X-12.
N480 G02 X-21. Z147. I0 K-9.
N490 G01 Z3.
N500 G02 X-12. Z-6. I9. K-0
N510 G01 X12.
N520 G02 X21. Z3. I0 K9.
N530 G01 Z75.
N540 G00 Y5.
N550 Y-11.
N560 G01 Y-20. F250.
N570 Z147. F2000.
N580 G02 X12. Z156. I-9. K-0
N590 G01 X-12.
N600 G02 X-21. Z147. I0 K-9.
N610 G01 Z3.
N620 G02 X-12. Z-6. I9. K-0

N630 G01 X12.
N640 G02 X21. Z3. I0 K9.
N650 G01 Z75.
N660 G00 Y5.
N670 Y-15.
N680 G01 Y-24. F250.
N690 Z147. F2000.
N700 G02 X12. Z156. I-9. K-0
N710 G01 X-12.
N720 G02 X-21. Z147. I0 K-9.
N730 G01 Z3.
N740 G02 X-12. Z-6. I9. K-0
N750 G01 X12.
N760 G02 X21. Z3. I0 K9.
N770 G01 Z75.
N780 G00 Y5.
N790 Y-19.
N800 G01 Y-28. F250.
N810 Z147. F2000.
N820 G02 X12. Z156. I-9. K-0
N830 G01 X-12.
N840 G02 X-21. Z147. I0 K-9.
N850 G01 Z3.
N860 G02 X-12. Z-6. I9. K-0
N870 G01 X12.
N880 G02 X21. Z3. I0 K9.
N890 G01 Z75.
N900 G00 Y5.
N910 Y-23.
N920 G01 Y-32. F250.
N930 Z147. F2000.
N940 G02 X12. Z156. I-9. K-0
N950 G01 X-12.
N960 G02 X-21. Z147. I0 K-9.
N970 G01 Z3.
N980 G02 X-12. Z-6. I9. K-0
N990 G01 X12.
N1000 G02 X21. Z3. I0 K9.
N1010 G01 Z75.
N1020 G00 Y5.
N1030 Y50. M09
N1040 G53 D0
N1050 M30

“0503_esquinas_sup”

%MPF503
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X21. Z75.
N70 Y5.
N80 G01 Y-7. F250.
N90 Z122. F2000.
N100 G02 X12. Z131. I-9. K-0
N110 G01 X-12.
N120 G02 X-21. Z122. I0 K-9.
N130 G01 Z28.
N140 G02 X-12. Z19. I9. K-0
N150 G01 X12.
N160 G02 X21. Z28. I0 K9.
N170 G01 Z75.
N180 G00 Y5.
N190 Y50. M09
N200 G53 D0
N210 M30

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

“0505_planeado_inf”

%MPF505	N850 X-32. Z-.2
N10 G18 G71 G40	N860 G01 Y0 F800.
N20 G54	N870 X-20. F500.
N30 M79	N880 X20. F2000.
N40 S2500 M03	N890 X27.2
N50	N900 G02 Z8.156 I0 K4.178
N60 G90 G00 X-32. Z-.2	N910 G01 X20.
N70 Y20.	N920 X-20.
N80 G01 Y4. F800.	N930 X-27.2
N90 X-20. F500.	N940 G03 Z16.511 I0 K4.178
N100 X20. F2000.	N950 G01 X-20.
N110 X27.2	N960 X20.
N120 G02 Z8.156 I0 K4.178	N970 X27.2
N130 G01 X20.	N980 G02 Z24.867 I0 K4.178
N140 X-20.	N990 G01 X20.
N150 X-27.2	N1000 X-20.
N160 G03 Z16.511 I0 K4.178	N1010 X-27.2
N170 G01 X-20.	N1020 G03 Z33.222 I0 K4.178
N180 X20.	N1030 G01 X-20.
N190 X27.2	N1040 X20.
N200 G02 Z24.867 I0 K4.178	N1050 X27.2
N210 G01 X20.	N1060 G02 Z41.578 I0 K4.178
N220 X-20.	N1070 G01 X20.
N230 X-27.2	N1080 X-20.
N240 G03 Z33.222 I0 K4.178	N1090 X-27.2
N250 G01 X-20.	N1100 G03 Z49.933 I0 K4.178
N260 X20.	N1110 G01 X-20.
N270 X27.2	N1120 X20.
N280 G02 Z41.578 I0 K4.178	N1130 X27.2
N290 G01 X20.	N1140 G02 Z58.289 I0 K4.178
N300 X-20.	N1150 G01 X20.
N310 X-27.2	N1160 X-20.
N320 G03 Z49.933 I0 K4.178	N1170 X-27.2
N330 G01 X-20.	N1180 G03 Z66.644 I0 K4.178
N340 X20.	N1190 G01 X-20.
N350 X27.2	N1200 X20.
N360 G02 Z58.289 I0 K4.178	N1210 X27.2
N370 G01 X20.	N1220 G02 Z75. I0 K4.178
N380 X-20.	N1230 G01 X20.
N390 X-27.2	N1240 X-20.
N400 G03 Z66.644 I0 K4.178	N1250 X-27.2
N410 G01 X-20.	N1260 G03 Z83.356 I0 K4.178
N420 X20.	N1270 G01 X-20.
N430 X27.2	N1280 X20.
N440 G02 Z75. I0 K4.178	N1290 X27.2
N450 G01 X20.	N1300 G02 Z91.711 I0 K4.178
N460 X-20.	N1310 G01 X20.
N470 X-27.2	N1320 X-20.
N480 G03 Z83.356 I0 K4.178	N1330 X-27.2
N490 G01 X-20.	N1340 G03 Z100.067 I0 K4.178
N500 X20.	N1350 G01 X-20.
N510 X27.2	N1360 X20.
N520 G02 Z91.711 I0 K4.178	N1370 X27.2
N530 G01 X20.	N1380 G02 Z108.422 I0 K4.178
N540 X-20.	N1390 G01 X20.
N550 X-27.2	N1400 X-20.
N560 G03 Z100.067 I0 K4.178	N1410 X-27.2
N570 G01 X-20.	N1420 G03 Z116.778 I0 K4.178
N580 X20.	N1430 G01 X-20.
N590 X27.2	N1440 X20.
N600 G02 Z108.422 I0 K4.178	N1450 X27.2
N610 G01 X20.	N1460 G02 Z125.133 I0 K4.178
N620 X-20.	N1470 G01 X20.
N630 X-27.2	N1480 X-20.
N640 G03 Z116.778 I0 K4.178	N1490 X-27.2
N650 G01 X-20.	N1500 G03 Z133.489 I0 K4.178
N660 X20.	N1510 G01 X-20.
N670 X27.2	N1520 X20.
N680 G02 Z125.133 I0 K4.178	N1530 X27.2
N690 G01 X20.	N1540 G02 Z141.844 I0 K4.178
N700 X-20.	N1550 G01 X20.
N710 X-27.2	N1560 X-20.
N720 G03 Z133.489 I0 K4.178	N1570 X-27.2
N730 G01 X-20.	N1580 G03 Z150.2 I0 K4.178
N740 X20.	N1590 G01 X-20.
N750 X27.2	N1600 X20.
N760 G02 Z141.844 I0 K4.178	N1610 X32. F500.
N770 G01 X20.	N1620 G00 Y20.
N780 X-20.	N1630 Y50. M09
N790 X-27.2	N1640 G53 D0
N800 G03 Z150.2 I0 K4.178	N1650 M30
N810 G01 X-20.	
N820 X20.	
N830 X32. F500.	
N840 G00 Y20.	

*ANEXO C. Programas CNC de mecanizado postprocesados
en CamWorks y adaptados al sist. de coordenadas*

“0506_desbaste_inf”

```
%MPF506
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X-12. Z13.
N70 Y18.
N80 G01 Y-4. F250.
N90 X12. F2000.
N100 Z3.
N110 X-12.
N120 Z13.
N130 X-18. Z19.
N140 X-15.
N150 X15.
N160 X18.
N170 Z-3.
N180 X-18.
N190 Z19.
N200 X-15.
N210 X15.
N220 X18.
N230 Z-3.
N240 X-18.
N250 Z19.
N260 G00 Y18.
N270 X-12. Z13.
N280 Y6.
N290 G01 Y-7. F250.
N300 X12. F2000.
N310 Z3.
N320 X-12.
N330 Z13.
N340 X-18. Z19.
N350 X-15.
N360 X15.
N370 X18.
N380 Z-3.
N390 X-18.
N400 Z19.
N410 X-15.
N420 X15.
N430 X18.
N440 Z-3.
N450 X-18.
N460 Z19.
N470 G00 Y18.
N480 X-12. Z13.
N490 Y3.
N500 G01 Y-10. F250.
N510 X12. F2000.
N520 Z3.
N530 X-12.
N540 Z13.
N550 X-18. Z19.
N560 X-15.
N570 X15.
N580 X18.
N590 Z-3.
N600 X-18.
N610 Z19.
N620 X-15.
N630 X15.
N640 X18.
N650 Z-3.
N660 X-18.
N670 Z19.
N680 G00 Y18.
N690 Y58.
N700 X12. Z137.
N710 Y18.
N720 G01 Y-4. F250.
N730 X-12. F2000.
N740 Z147.
N750 X12.
N760 Z137.
N770 X18. Z131.
N780 X15.
N790 X-15.
N800 X-18.
N810 Z153.
N820 X18.
N830 Z131.
N840 X15.
N850 X-15.
N860 X-18.
N870 Z153.
N880 X18.
N890 Z131.
N900 G00 Y18.
N910 X12. Z137.
N920 Y6.
N930 G01 Y-7. F250.
N940 X-12. F2000.
N950 Z147.
N960 X12.
N970 Z137.
N980 X18. Z131.
N990 X15.
N1000 X-15.
N1010 X-18.
N1020 Z153.
N1030 X18.
N1040 Z131.
N1050 X15.
N1060 X-15.
N1070 X-18.
N1080 Z153.
N1090 X18.
N1100 Z131.
N1110 G00 Y18.
N1120 X12. Z137.
N1130 Y3.
N1140 G01 Y-10. F250.
N1150 X-12. F2000.
N1160 Z147.
N1170 X12.
N1180 Z137.
N1190 X18. Z131.
N1200 X15.
N1210 X-15.
N1220 X-18.
N1230 Z153.
N1240 X18.
N1250 Z131.
N1260 X15.
N1270 X-15.
N1280 X-18.
N1290 Z153.
N1300 X18.
N1310 Z131.
N1320 G00 Y18.
N1330 Y58. M09
N1340 G53 D0
N1350 M30
```

“0507_esquinas_inf”

```
%MPF507
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X-21. Z75.
N70 Y13.
N80 G01 Y-4. F250.
N90 Z28. F2000.
N100 G02 X-12. Z19. I9. K-0
N110 G01 X12.
N120 G02 X21. Z28. I0 K9.
N130 G01 Z122.
N140 G02 X12. Z131. I-9. K-0
N150 G01 X-12.
N160 G02 X-21. Z122. I0 K-9.
N170 G01 Z75.
N180 G00 Y13.
N190 Y1.
N200 G01 Y-7. F250.
N210 Z28. F2000.
N220 G02 X-12. Z19. I9. K-0
N230 G01 X12.
N240 G02 X21. Z28. I0 K9.
N250 G01 Z122.
N260 G02 X12. Z131. I-9. K-0
N270 G01 X-12.
N280 G02 X-21. Z122. I0 K-9.
N290 G01 Z75.
N300 G00 Y13.
N310 Y-2.
N320 G01 Y-10. F250.
N330 Z28. F2000.
N340 G02 X-12. Z19. I9. K-0
N350 G01 X12.
N360 G02 X21. Z28. I0 K9.
N370 G01 Z122.
N380 G02 X12. Z131. I-9. K-0
N390 G01 X-12.
N400 G02 X-21. Z122. I0 K-9.
N410 G01 Z75.
N420 G00 Y13.
N430 Y58. M09
N440 G53 D0
N450 M30
```

➔ POSTIZO LLENADO
(CILINDRO)

“0601_desbaste_sup”

%MPF601
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X5.5 Z29.855
N70 Y10.
N80 G01 Y-4. F250.
N90 Z14.5 F2000.
N100 G03 X-5.5 I-5.5 K-0
N110 G01 Z29.855
N120 X5.5
N130 X11.5 Z35.855
N140 Z32.855
N150 Z14.5
N160 G03 X-11.5 I-11.5 K-0
N170 G01 Z32.855
N180 Z35.855
N190 X11.5
N200 Z32.855
N210 Z14.5
N220 G03 X-11.5 I-11.5 K-0
N230 G01 Z32.855
N240 Z35.855
N250 X11.5
N260 G00 Y10.
N270 Y50. M09
N280 G53 D0
N290 M30

“0602_contorno_sup”

%MPF602
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X0 Z38.855
N70 Y5.
N80 G01 Y-4. F250.
N90 X-18.998 F2000.
N100 X-20.321 Z38.151
N110 G02 X20.321 I20.321 K-38.151
N120 G01 X18.998 Z38.855
N130 X0
N140 G00 Y5.
N150 Y1.
N160 G01 Y-8. F250.
N170 X-18.998 F2000.
N180 X-20.321 Z38.151
N190 G02 X20.321 I20.321 K-38.151
N200 G01 X18.998 Z38.855
N210 X0
N220 G00 Y5.
N230 Y-3.
N240 G01 Y-12. F250.
N250 X-18.998 F2000.
N260 X-20.321 Z38.151
N270 G02 X20.321 I20.321 K-38.151
N280 G01 X18.998 Z38.855
N290 X0
N300 G00 Y5.
N310 Y-7.
N320 G01 Y-16. F250.
N330 X-18.998 F2000.
N340 X-20.321 Z38.151
N350 G02 X20.321 I20.321 K-38.151
N360 G01 X18.998 Z38.855
N370 X0
N380 G00 Y5.
N390 Y50. M09
N400 G53 D0
N410 M30

“0603_contorno_arista”

%MPF603
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X17.5 Z38.855
N70 Y5.
N80 G01 Y-21. F250.
N90 X-17.5 F2000.
N100 G00 Y5.
N110 Y50. M09
N120 G53 D0
N130 M30

“0604_desbaste_inf”

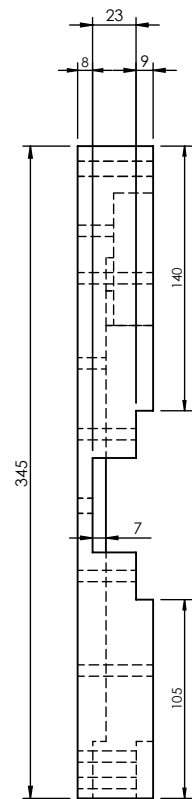
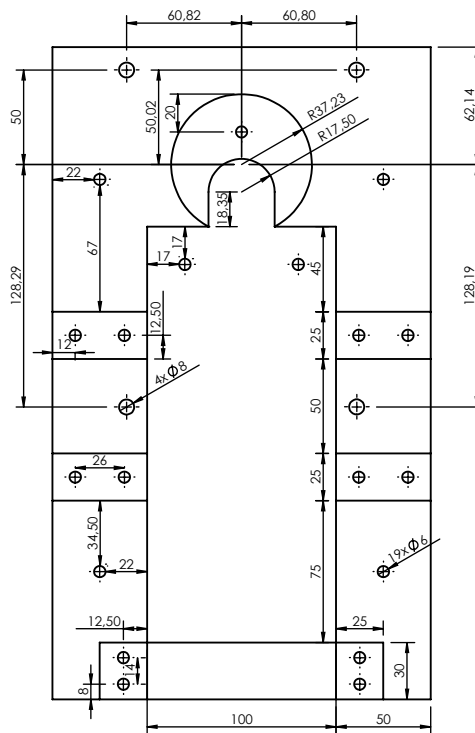
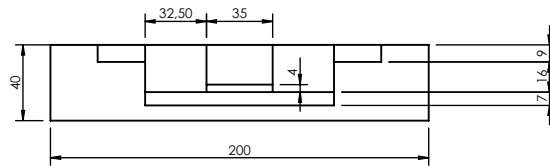
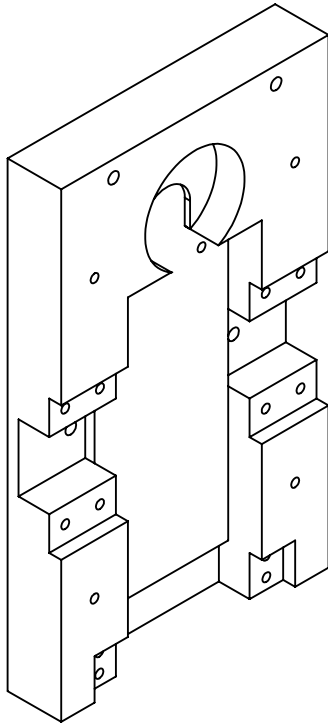
%MPF604
N10 G18 G71 G40
N20 G54
N30 M79
N40 S2500 M03
N50
N60 G90 G00 X26.838 Z41.596
N70 Y10.
N80 G01 Y-4. F250.
N90 G02 X-26.838 I-26.838 K-23.238 F2000.
N100 G03 X26.838 I26.838 K-8.741
N110 G01 X29.5 Z15.503
N120 Z18.358
N130 G02 X-29.5 I-29.5 K-0
N140 G01 Z15.503
N150 G03 X29.5 I29.5 K17.352
N160 G01 X23.5 Z.208
N170 Z18.358
N180 G02 X-23.5 I-23.5 K-0
N190 G01 Z.208
N200 G03 X23.5 I23.5 K32.647
N210 G01 Z18.358
N220 G02 X-23.5 I-23.5 K-0
N230 G01 Z.208
N240 G03 X23.5 I23.5 K32.647
N250 G00 Y10.
N260 Y50. M09
N270 G53 D0
N280 M30

ANEXO D

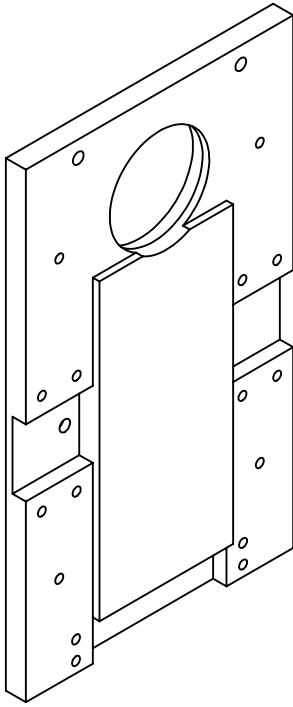
Planos del molde de acero.

Planos del molde fabricado en metacrilato.

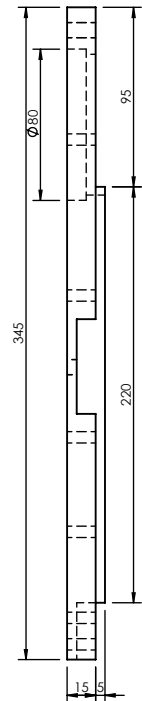
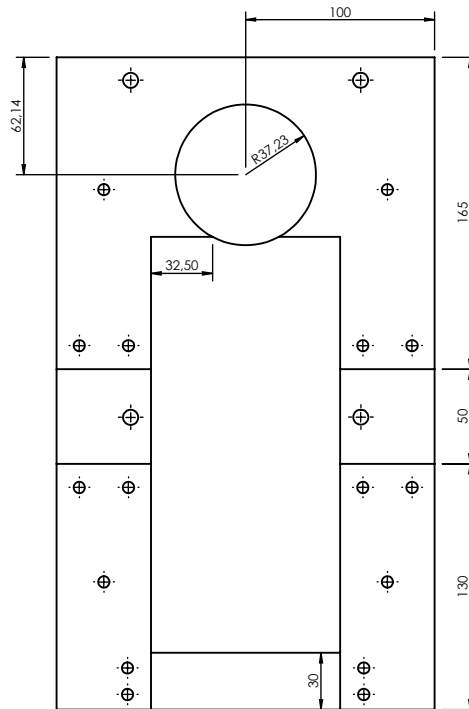
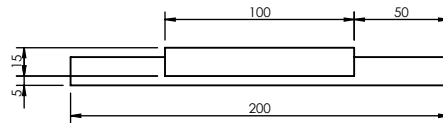
En este último anexo se incluyen los planos de fabricación de ambos moldes diseñados. En primer lugar se adjuntan los planos correspondientes a las piezas de la configuración fabricada del molde de metacrilato. Tras estos, se adjuntan los planos de fabricación que se deberán enviar para el encargo de la fabricación del molde de acero.



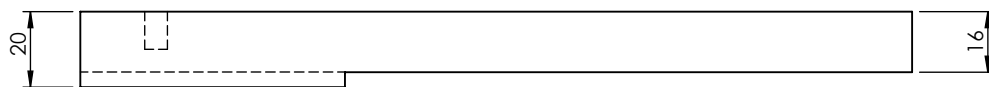
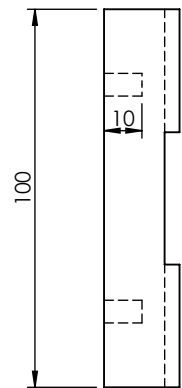
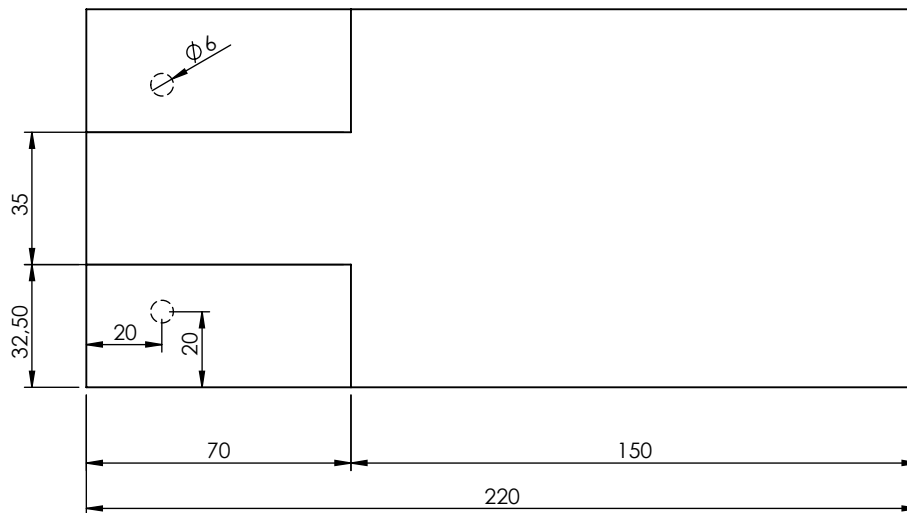
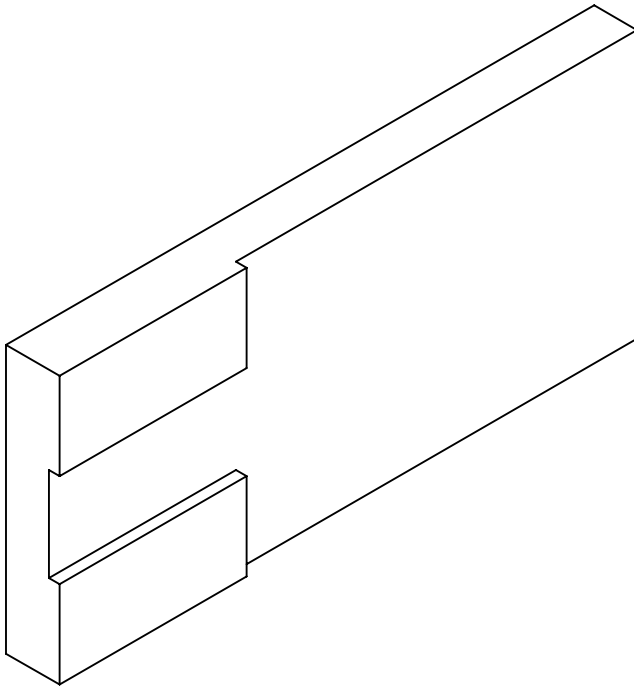
	Fecha	Nombre	Firma	UPCT - ETS Ingeniería Industrial	
Dibujado	17/07/2013	Miguel Gutiérrez		- Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación - Proyecto Fin de Carrera - Miguel Gutiérrez Cabanes	
Comprobado					
Revisado					
Escala: 1:4	MOLDE DE METACRILATO Parte móvil del molde			Número de plano: 1	
				Hoja 1 de 1	
				Sustituye a:	
				Sustituido por:	



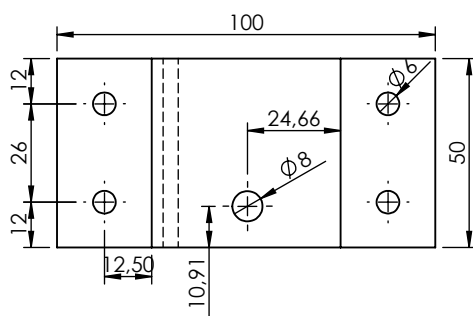
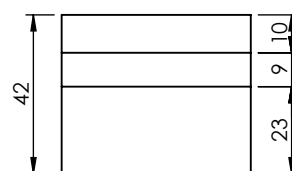
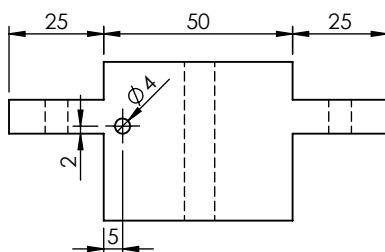
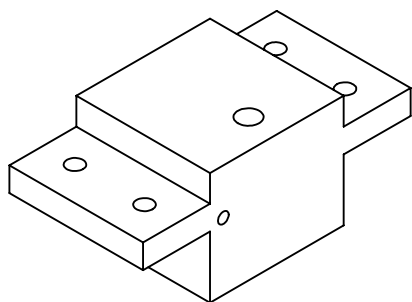
Todos los taladros se realizarán en la misma posición que en la parte móvil del molde. Las cotas están definidas en el Plano nº 1 del proyecto.



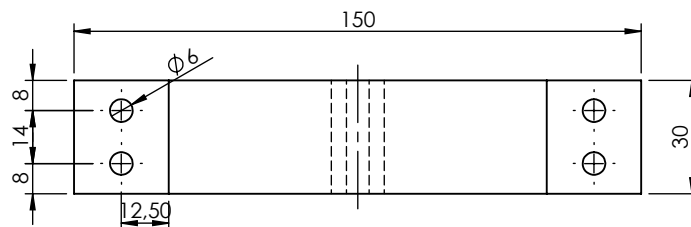
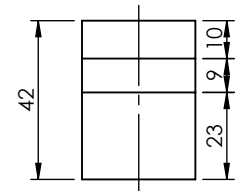
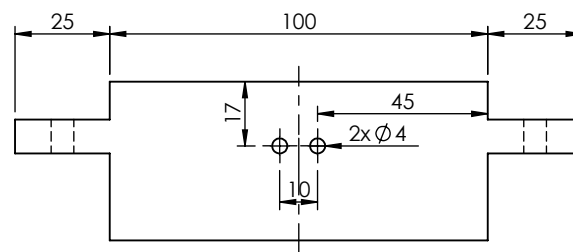
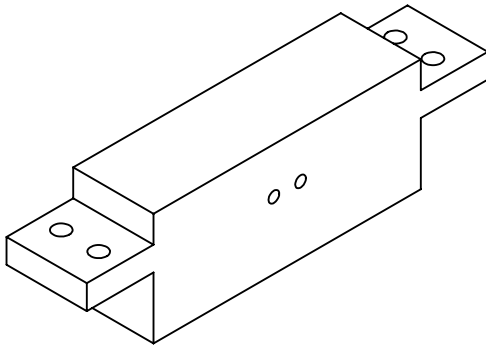
	Fecha	Nombre	Firma	UPCT - ETS Ingeniería Industrial	
Dibujado	17/07/2013	Miguel Gutiérrez		- Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación - Proyecto Fin de Carrera - Miguel Gutiérrez Cabanes	
Comprobado					
Revisado					
Escala: 1:4	MOLDE DE METACRILATO Parte fija del molde			Número de plano: 2	
				Hoja 1 de 1	
				Sustituye a:	
				Sustituido por:	



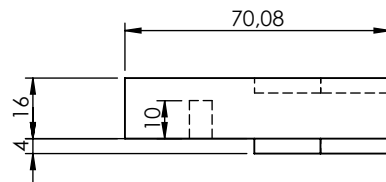
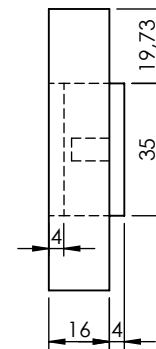
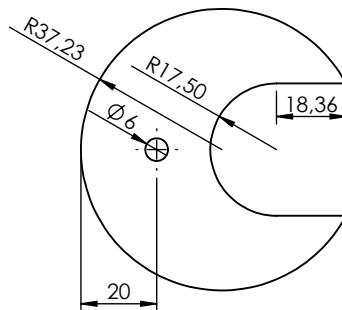
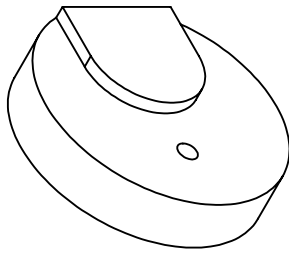
	Fecha	Nombre	Firma	UPCT - ETS Ingeniería Industrial - Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación - Proyecto Fin de Carrera - Miguel Gutiérrez Cabanes	
Dibujado	17/07/2013	Miguel Gutiérrez			
Comprobado					
Revisado					
Escala: 1:2	MOLDE DE METACRILATO Postizo de la pieza; llenado recto (90°)			Número de plano: 3	
				Hoja 1 de 1	
				Sustituye a:	
				Sustituido por:	



	Fecha	Nombre	Firma	UPCT - ETS Ingeniería Industrial	
Dibujado	17/07/2013	Miguel Gutiérrez		- Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación - Proyecto Fin de Carrera - Miguel Gutiérrez Cabanes	
Comprobado					
Revisado					
Escala: 1:2	MOLDE DE METACRILATO 2 x Viento lateral			Número de plano: 4	
				Hoja 1 de 1	
				Sustituye a:	
				Sustituido por:	

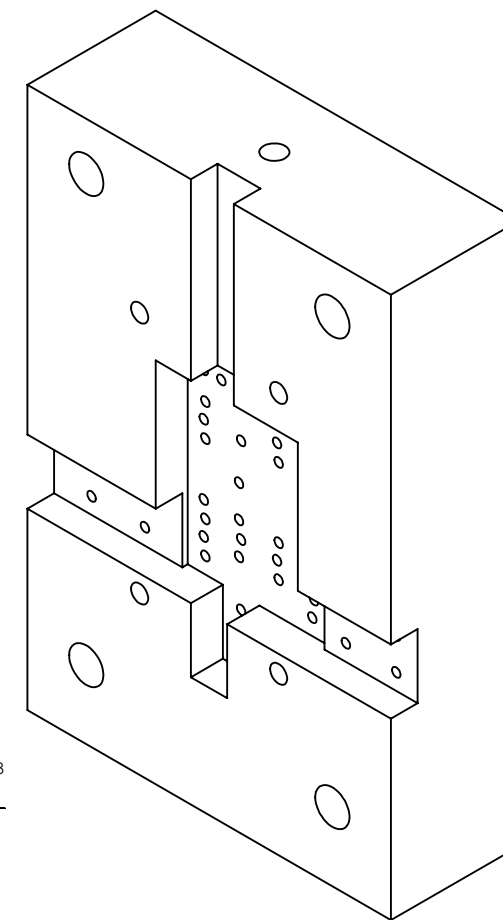
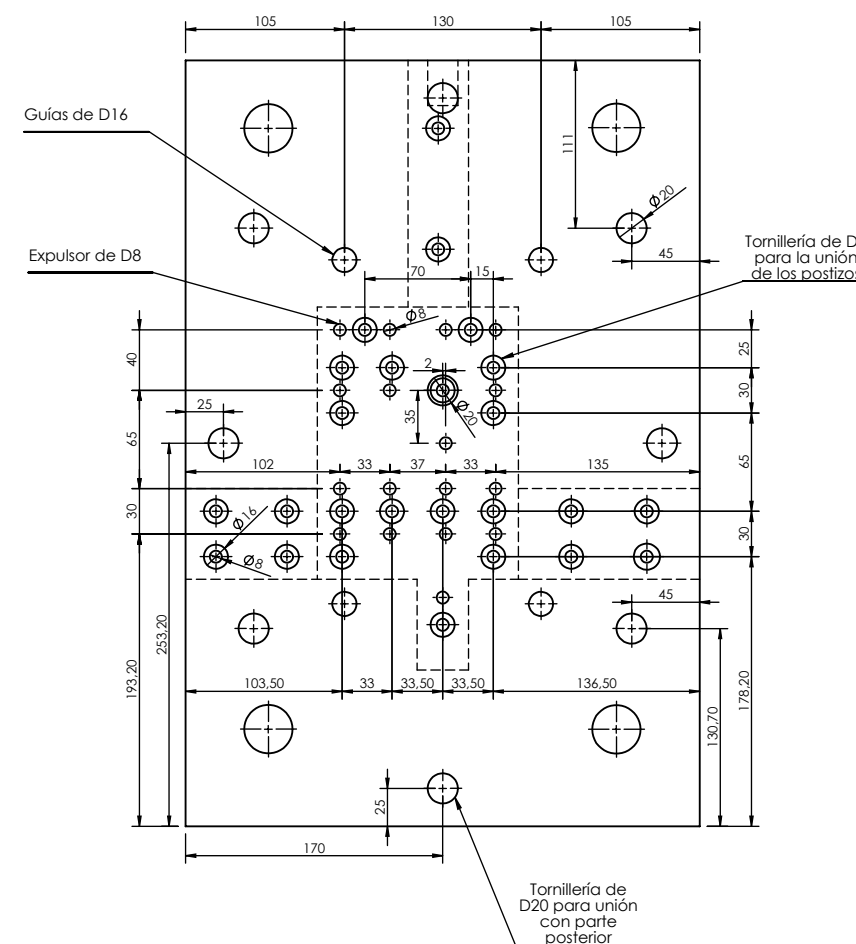
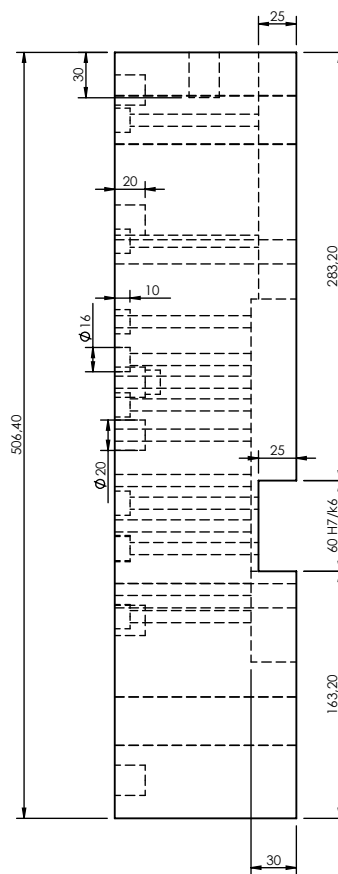
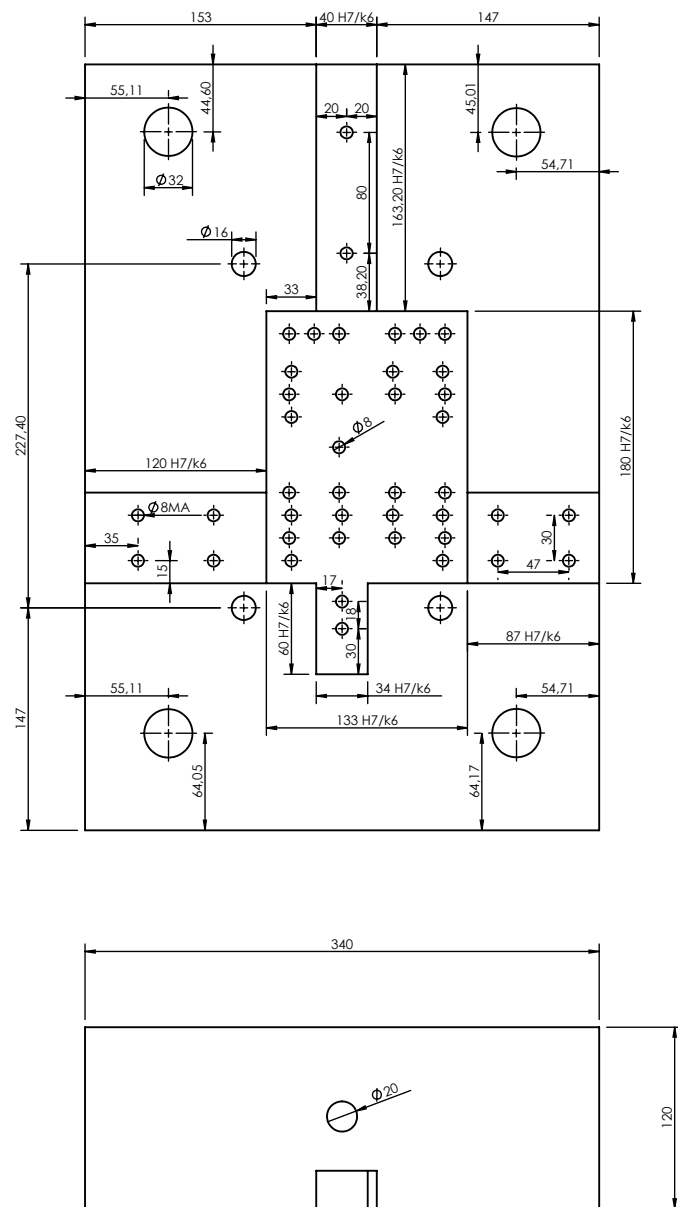


	Fecha	Nombre	Firma	UPCT - ETS Ingeniería Industrial	
Dibujado	17/07/2013	Miguel Gutiérrez		- Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación - Proyecto Fin de Carrera - Miguel Gutiérrez Cabanes	
Comprobado					
Revisado					
Escala: 1:2	MOLDE DE METACRILATO Viento superior			Número de plano: 5	
				Hoja 1 de 1	
				Sustituye a:	
				Sustituido por:	

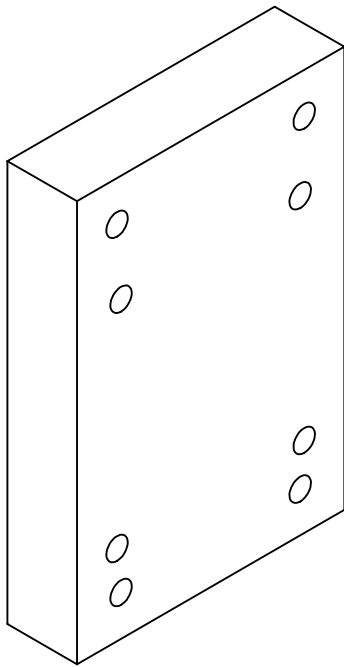


	Fecha	Nombre	Firma	UPCT - ETS Ingeniería Industrial - Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación - Proyecto Fin de Carrera - Miguel Gutiérrez Cabanes	
Dibujado	17/07/2013	Miguel Gutiérrez			
Comprobado					
Revisado					
Escala: 1:2	MOLDE DE METACRILATO Postizo de llenado (cilindro)			Número de plano: 6	
				Hoja 1 de 1	
				Sustituye a:	
				Sustituido por:	

MATERIAL ORVAR -2 DE UDDELHOM
Templado y Revenido 44 - 46 HRC

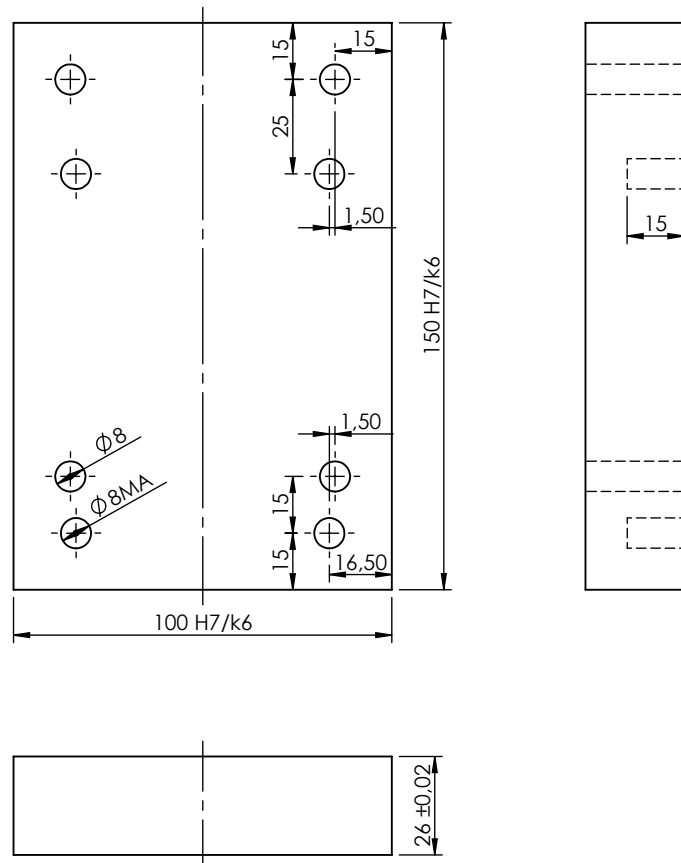


	Fecha	Nombre	Firma	UPCT - ETS Ingeniería Industrial - Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación - Proyecto Fin de Carrera - Miguel Gutiérrez Cabanes
Dibujado	17/07/2013	Miguel Gutiérrez		
Comprobado				
Revisado				
Escala:	MOLDE DE ACERO			Número de plano: 7
1:5	Parte móvil del molde			Hoja 1 de 1
				Sustituye a:
				Sustituido por:

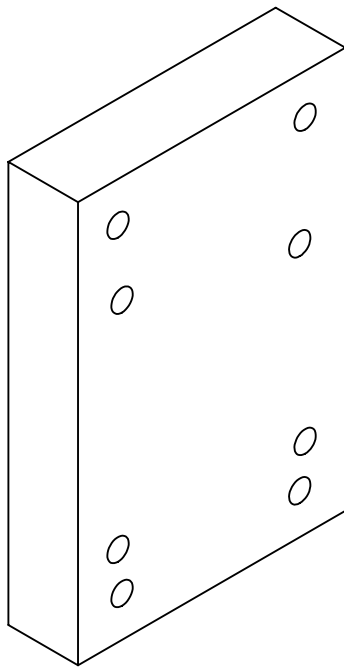


MATERIAL ORVAR -2 DE UDDELHOM

Templado y Revenido 44 - 46 HRC

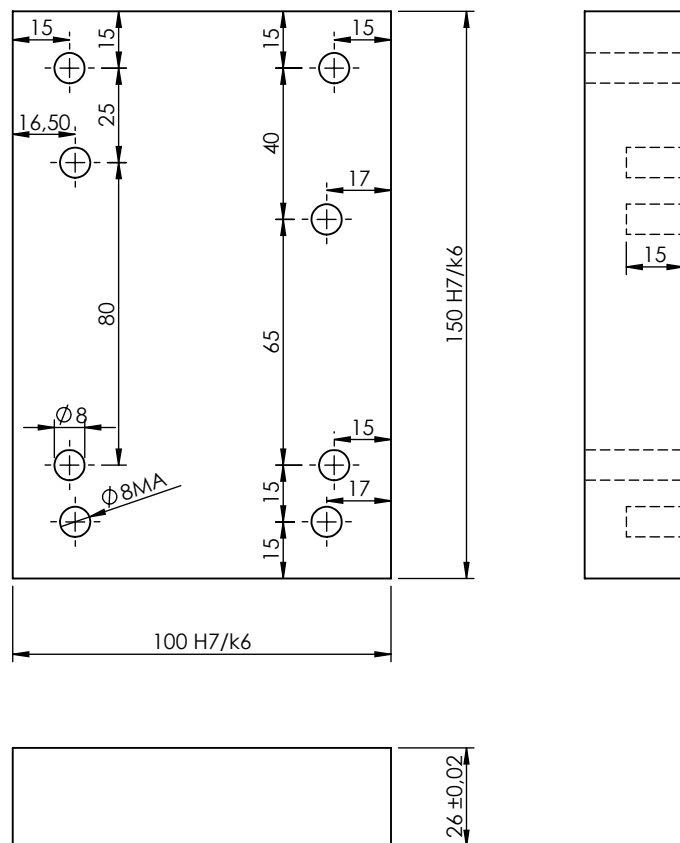


	Fecha	Nombre	Firma	UPCT - ETS Ingeniería Industrial - Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación - Proyecto Fin de Carrera - Miguel Gutiérrez Cabanes
Dibujado	17/07/2013	Miguel Gutiérrez		
Comprobado				
Revisado				
Escala: 1:2	MOLDE DE ACERO Postizo de la pieza: llenado centro largo			Número de plano: 9 Hoja 1 de 1
				Sustituye a:
				Sustituido por:

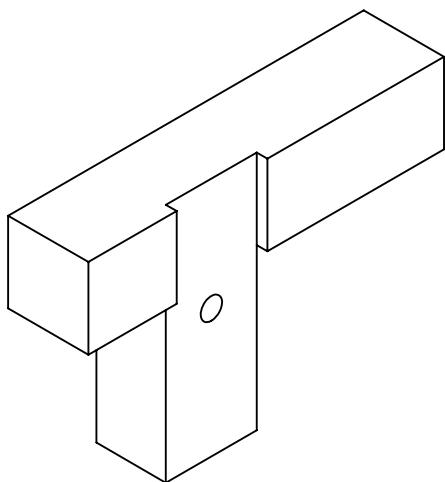


MATERIAL ORVAR -2 DE UDDELHOM

Templado y Revenido 44 - 46 HRC

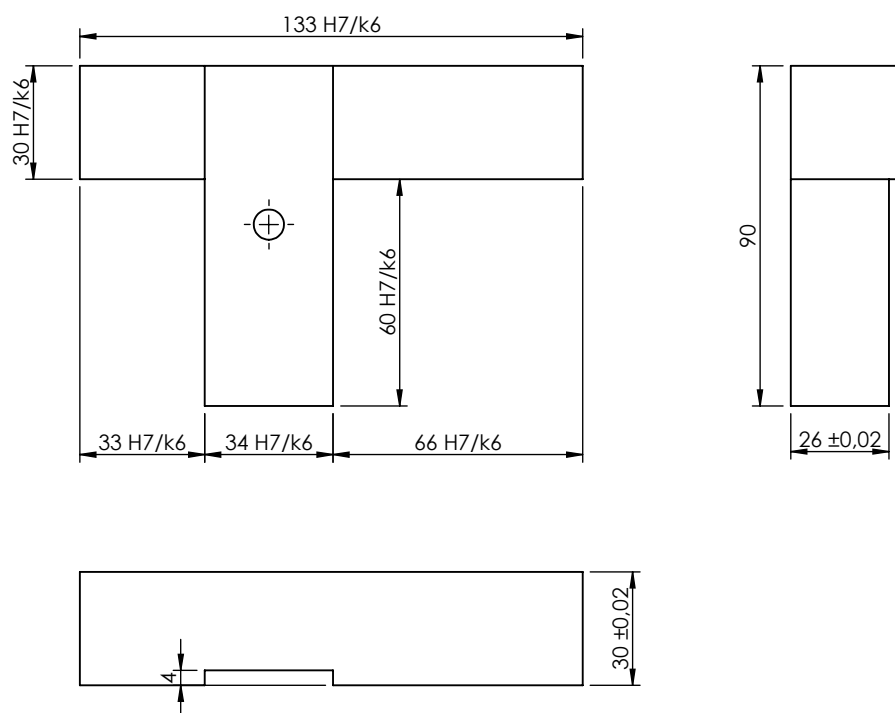


	Fecha	Nombre	Firma	UPCT - ETS Ingeniería Industrial - Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación - Proyecto Fin de Carrera - Miguel Gutiérrez Cabanes
Dibujado	17/07/2013	Miguel Gutiérrez		
Comprobado				
Revisado				
Escala: 1:2	MOLDE DE ACERO Postizo de la pieza: llenado pared largo			Número de plano: 11
				Hoja 1 de 1
				Sustituye a:
				Sustituido por:

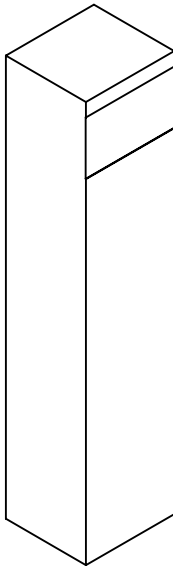


MATERIAL ORVAR -2 DE UDDELHOM

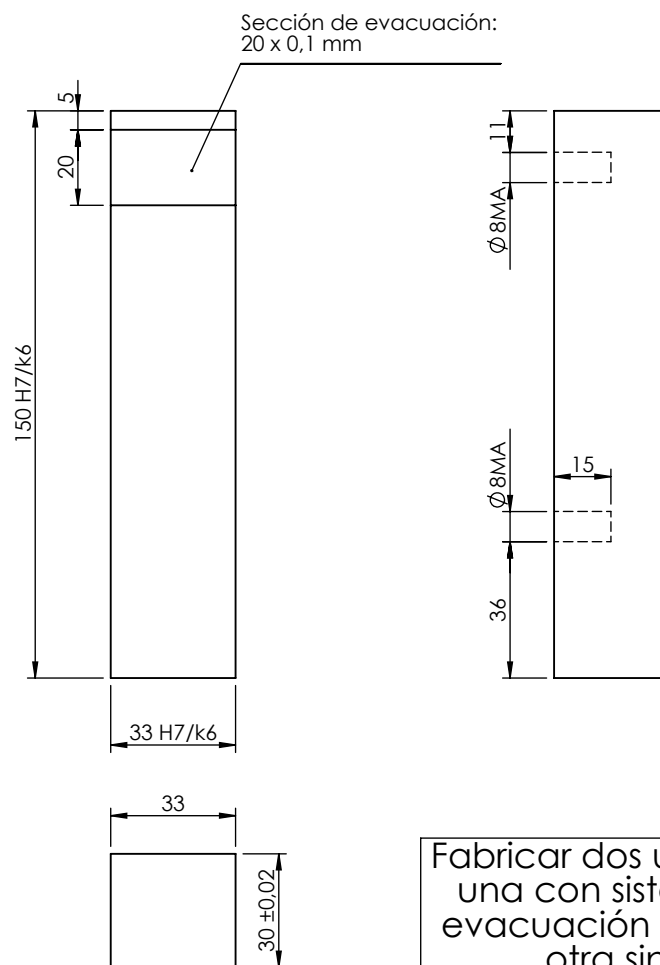
Templado y Revenido 44 - 46 HRC



	Fecha	Nombre	Firma	UPCT - ETS Ingeniería Industrial - Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación - Proyecto Fin de Carrera - Miguel Gutiérrez Cabanes
Dibujado	17/07/2013	Miguel Gutiérrez		
Comprobado				
Revisado				
Escala: 1:2	MOLDE DE ACERO Postizo inferior			Número de plano: 12
				Hoja 1 de 1
				Sustituye a:
				Sustituido por:

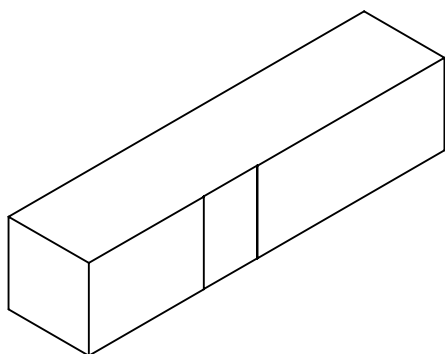


MATERIAL ORVAR -2 DE UDDELHOM
Templado y Revenido 44 - 46 HRC



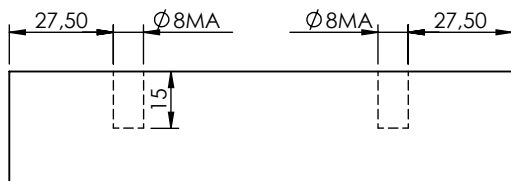
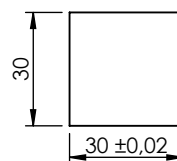
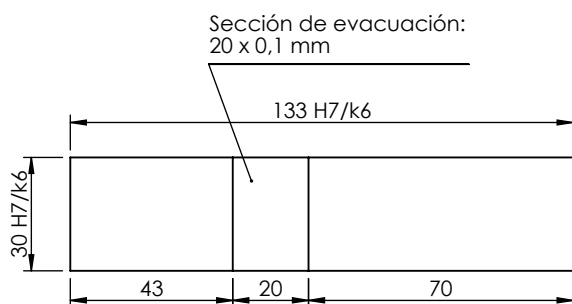
Fabricar dos unidades,
una con sistema de
evacuación de aire y
otra sin él

	Fecha	Nombre	Firma	UPCT - ETS Ingeniería Industrial	
Dibujado	17/07/2013	Miguel Gutiérrez		- Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación - Proyecto Fin de Carrera - Miguel Gutiérrez Cabanes	
Comprobado					
Revisado					
Escala: 1:2	MOLDE DE ACERO Postizo lateral			Número de plano: 13	
				Hoja 1 de 1	
				Sustituye a:	
				Sustituido por:	



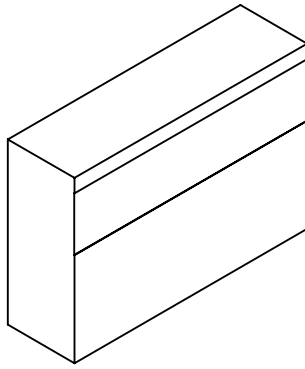
MATERIAL ORVAR -2 DE UDDELHOM

Templado y Revenido 44 - 46 HRc



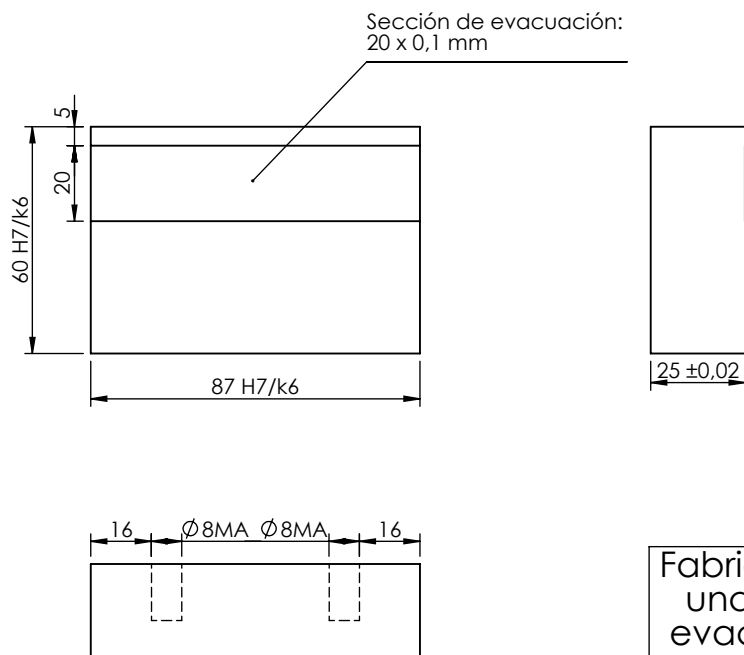
Fabricar dos unidades,
una con sistema de
evacuación de aire y
otra sin él

	Fecha	Nombre	Firma	UPCT - ETS Ingeniería Industrial - Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación - Proyecto Fin de Carrera - Miguel Gutiérrez Cabanes
Dibujado	17/07/2013	Miguel Gutiérrez		
Comprobado				
Revisado				
Escala: 1:2	MOLDE DE ACERO Postizo superior			Número de plano: 14
				Hoja 1 de 1
				Sustituye a:
				Sustituido por:



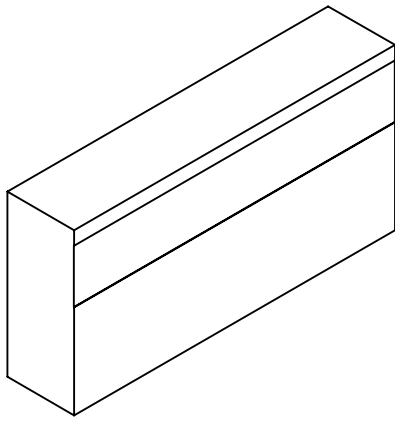
MATERIAL ORVAR -2 DE UDDELHOM

Templado y Revenido 44 - 46 HRC



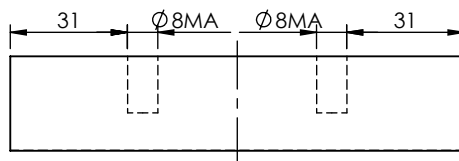
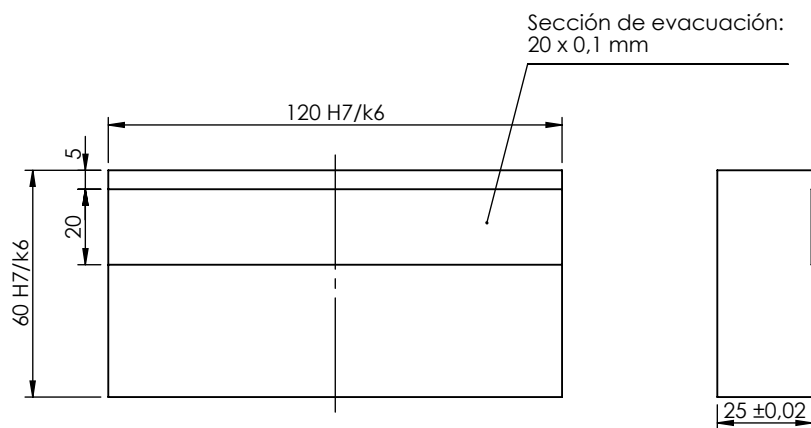
Fabricar dos unidades,
una con sistema de
evacuación de aire y
otra sin él

	Fecha	Nombre	Firma	UPCT - ETS Ingeniería Industrial	
Dibujado	17/07/2013	Miguel Gutiérrez		- Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación - Proyecto Fin de Carrera - Miguel Gutiérrez Cabanes	
Comprobado					
Revisado					
Escala: 1:2	MOLDE DE ACERO Viento lateral (derecha)			Número de plano: 15	
				Hoja 1 de 1	
				Sustituye a:	
				Sustituido por:	



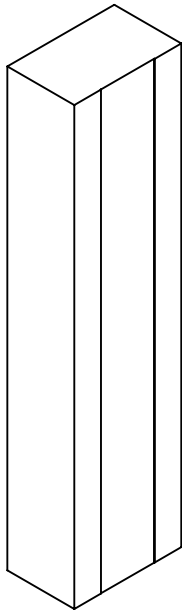
MATERIAL ORVAR -2 DE UDDELHOM

Templado y Revenido 44 - 46 HRC

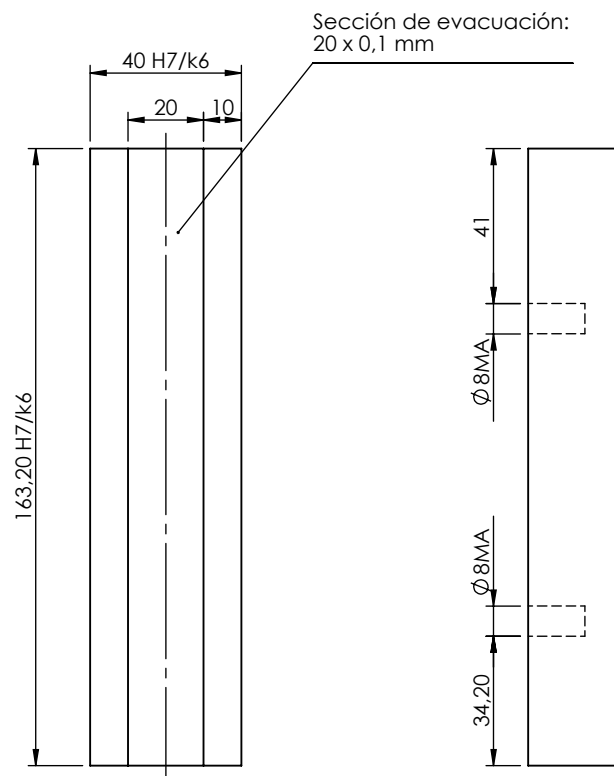


Fabricar dos unidades,
una con sistema de
evacuación de aire y
otra sin él

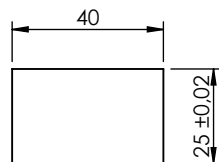
	Fecha	Nombre	Firma	UPCT - ETS Ingeniería Industrial	
Dibujado	17/07/2013	Miguel Gutiérrez		- Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación - Proyecto Fin de Carrera - Miguel Gutiérrez Cabanes	
Comprobado					
Revisado					
Escala: 1:2	MOLDE DE ACERO Viento lateral (izquierda)			Número de plano: 16	
				Hoja 1 de 1	
				Sustituye a:	
				Sustituido por:	



MATERIAL ORVAR -2 DE UDDELHOM
Templado y Revenido 44 - 46 HRc

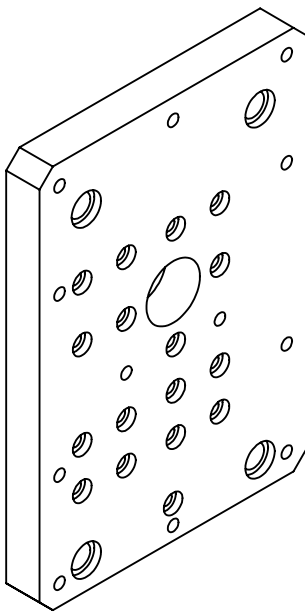


Sección de evacuación:
20 x 0,1 mm

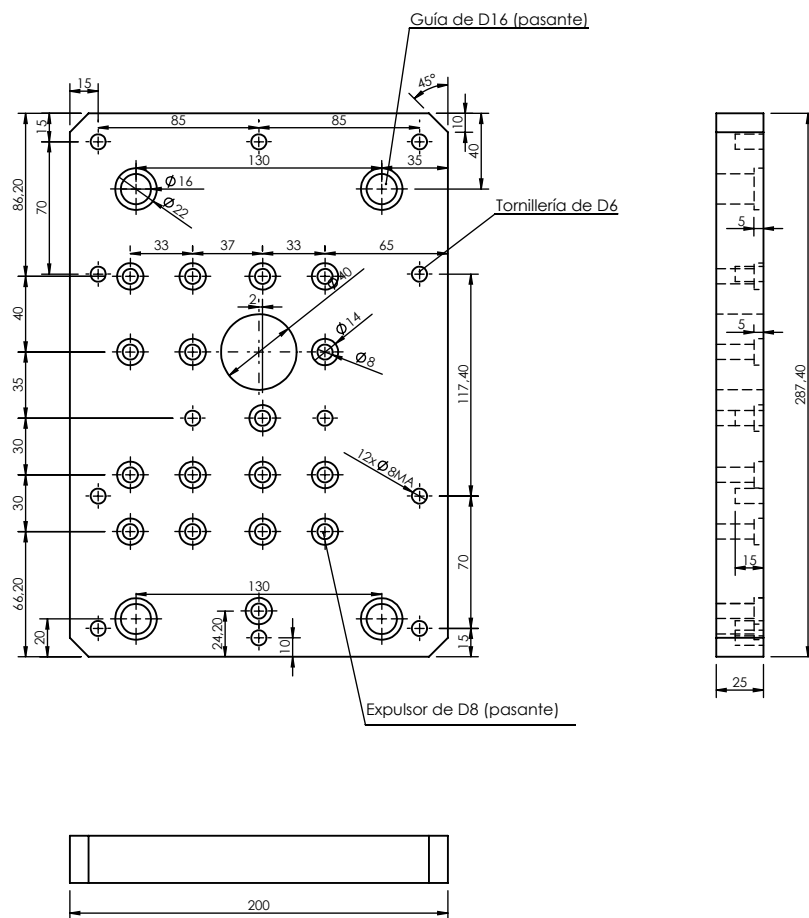


Fabricar dos unidades,
una con sistema de
evacuación de aire y
otra sin él

	Fecha	Nombre	Firma	UPCT - ETS Ingeniería Industrial - Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación - Proyecto Fin de Carrera - Miguel Gutiérrez Cabanes	
Dibujado	17/07/2013	Miguel Gutiérrez			
Comprobado					
Revisado					
Escala: 1:2	MOLDE DE ACERO Viento superior			Número de plano: 17 Hoja 1 de 1	
				Sustituye a:	
				Sustituido por:	



MATERIAL F-111



	Fecha	Nombre	Firma	UPCT - ETS Ingeniería Industrial	
Dibujado	17/07/2013	Miguel Gutiérrez		- Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación - Proyecto Fin de Carrera - Miguel Gutiérrez Cabanes	
Comprobado					
Revisado					
Escala: 1:4	MOLDE DE ACERO Placa de expulsores (porta expulsores)			Número de plano: 18	
				Hoja 1 de 1	
				Sustituye a:	
				Sustituido por:	



	Fecha	Nombre	Firma	UPCT - ETS Ingeniería Industrial - Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación - Proyecto Fin de Carrera - Miguel Gutiérrez Cabanes
Dibujado	17/07/2013	Miguel Gutiérrez		
Comprobado				
Revisado				
Escala: 1:4	MOLDE DE ACERO Placa de expulsores (cierre)			Número de plano: 19 Hoja 1 de 1
				Sustituye a:
				Sustituido por:

Bibliografía

- Calvo López, Francisco; Léban Pérez, Eduardo. *Programación CAD/CAM*. México.
- Castañeda Nava, José. *Manufactura Asistida por Computadora (CAM)*. 1ª Edición. Dirección General de Educación Tecnológica Industrial, México.
- Departamento de Ing. Mecánica. *Tecnologías de Fabricación y Tecnología de Máquinas*. Universidad del País Vasco, Bilbao.
- Estrems, Manuel. *Ingeniería de los Sistemas de Producción*. 1ª Edición. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena, 2011.

- Gay, Aquiles; Samar, Lidia. *El Diseño Industrial en la Historia*. 2ª Edición. Argentina: Ediciones teC, 2007.
- Hernández Ortega, Juan José. “Estudio Numérico y Experimental de los Procesos de Fundición a Presión. Mecanismos de Formación de Porosidad durante el Llenado del Molde”. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación, Cartagena, Julio 2010.
- López Rodríguez, Joaquín. *Fundamentos de Conformación por Fusión de Metales*. 1ª Edición. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena, 2012.
- Martín Fernández, Javier. “Simulación de una Pieza Obtenida por Fundición Metálica”. Proyecto Fin de Carrera. Universidad Politécnica de Cataluña, Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica, Barcelona, Enero 2011.
- Navarro Saldaña, Alfredo. *Introducción a la historia del diseño industrial*. 1ª Edición. Universidad de Palermo.
- Zamora Pedreño, Rosendo. “Estudio Experimental de la Formación de Porosidad por Atrapamiento de Aire durante la Etapa Lenta de Inyección en Máquinas de Fundición a Alta Presión”. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación, Cartagena, Julio 2005.

Artículos disponibles en Internet:

- Autor Desconocido. “Fundición”. Disponible en Web:
<<http://www.docentes.utonet.edu.bo/pvenegas/wp-content/uploads/cap-11.pdf>>.
- Autor Desconocido. “Procesos de Fabricación”. Disponible en Web:
<<http://profabricacionmariana.blogspot.com.es/2011/10/fundicion-y-colado-al-alto-vacio.html>>.
- Salas, Eduardo. “Fundición al Vacío”. Disponible en Web:
<<http://www.comosehace.cl/procesos/EduardoSalas/Fundicionalvacio.htm>>.
- SolidWorks. “Acercas de SolidWorks”. Disponible en Web:
<http://www.solidworks.com.mx/sw/6453_ESM_HTML.htm>.
- Tejada, Walter. “Cámara Fría”. Disponible en Web:
<<http://www.comosehace.cl/procesos/WalterTejada/camarafria.htm>>.
- Tejada, Walter. “Cámara Caliente”. Disponible en Web:
<<http://www.comosehace.cl/procesos/WalterTejada/camaracaliente.htm>>.
- Universidad Politécnica de Zaragoza. “Sistemas CAD/CAM (CAM)”. Disponible en Web: <http://ocw.unizar.es/enseanzas-tecnicas/fabricacion-integrada-por-ordenador-curso-preparatorio/Materiales/fio_6_sistemas_cad_cam_ii.pdf>.
- Universidad de Vigo. “Diseño Industrial. CAD”. Disponible en Web:
<<http://webs.uvigo.es/disenoindustrial/cad.html>>.

De entre toda la documentación consultada para la realización del proyecto, se han citado los textos y webs más importantes que se han utilizado para la redacción y realización del proyecto. Destacar que, sobre todo en la Web, hay multitud de referencias que se han consultado pero no se incluyen en la bibliografía del proyecto.